

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут фізики НАН України



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директором Інституту фізики НАН
України, член-кор. НАНУ, д.ф.-м.н.

М.В. Бондар

(підпис)

« 27 » жовтня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВК.04

Вибрані розділи оптичної фізики

для аспірантів

спеціальності: 104 Фізика і астрономія

третього (освітньо-наукового) рівня
вищої освіти – доктор філософії

Київ - 2023

Розробник:

Завідувач відділу оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України,
доктор фіз.-мат. наук, професор. М.Вас /В.М. Васнецов/

Робочу програму узгоджено науково-методичною радою

Протокол № 10-1 від 24 жовтня 2023 р.

Головою науково-методичної ради М.В. Бондар /М.В. Бондар/

Робочу програму затверджено Вченою радою Інституту фізики НАНУ

Протокол № 10 від 26 жовтня 2023 р.

Голова Вченої ради М.В. Бондар /М.В. Бондар/

Робочу програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми зі
спеціальності 104 «Фізика та астрономія» 27 жовтня 2023р.

Гарант освітньої програми М.В. Бондар /М.В. Бондар/

**Пролонговано Вченою радою Інституту фізики НАН України:**

навчальні роки продовження	Голова Вченої ради ІФ НАН України	підпис	№ протоколу	дата протоколу
20 <u>24</u> /20 <u>25</u>	<u>М.В. Бондар</u>	<u>М.В. Бондар</u>	<u>5</u>	<u>27.06.2024</u>
20 ____ /20 ____				
20 ____ /20 ____				
20 ____ /20 ____				



1. Загальні відомості

Найменування показників	Характеристика дисципліни за денною формою навчання
Вид дисципліни	вибіркова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Загальний обсяг кредитів / годин	4/120
Курс	2
Семестр	2
Кількість змістових модулів з розподілом	1
Обсяг кредитів	4
Обсяг годин, В тому числі:	120
Лекції	30
Індивідуальні заняття	15
Самостійна робота	75
Форма підсумкового контролю	екзамен

2. Мета, завдання та очікувані результати навчальної дисципліни

Робоча програма навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики» є нормативним документом, який розроблений на основі освітньо-наукової програми, далі ОП, (затверджена Вченою радою Інституту фізики НАН України, протоколом № 10 від 26 жовтня 2023 року) підготовки здобувача третього рівня відповідно до навчального плану спеціальності 104 «Фізика та астрономія»

Передумова вивчення. Навчальний курс ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики» є складовою циклу професійної підготовки фахівців третього освітньо-кваліфікаційного рівня “доктор філософії”. Програма курсу орієнтована на аспірантів, які вже знайомі з загальним курсом фізики твердого тіла, молекулярної фізики, термодинаміки та математичною фізикою.

Мета навчальної дисципліни. ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики» є вдосконалення та перевірка базових знань, набутих у попередньому навчанні в галузі загальної оптики, ознайомлення з сучасними методами вирішення задач хвильової оптики при розповсюдженні світла у середовищах різного типу (включаючи рідкі кристали та фотонні кристали). Оволодіння практичними методами експериментальних лабораторних досліджень за допомогою лазерних джерел випромінювання та приймачів високої роздільної здатності.

Зміст навчальної дисципліни. Теоретичні та практичні знання, набуті при вивченні дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики», є послідовне ознайомлення слухачів з основними принципами сучасної оптики, включаючи сингулярну оптику та лазерну фізику. Вивчення основних властивостей розповсюдження світла у вільному просторі та при взаємодії з матеріальними середовищами. Зокрема розумінні роботи таких оптичних пристроїв як дифракційна ґратка та інтерферометр.

Предметом навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики» є базові розділи сучасної фізичної оптики. На базі класичних знань про природу електромагнітних хвиль показані випадки оптичних ефектів нового типу, таких як генерація світла на фоторефрактивних кристалах, топологія оптичних сингулярностей у випадково поляризованих полях та виникнення оптичних вихорів.

Основними завданнями навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики» є набуття аспірантами цілісної картини сучасної фізичної оптики.

1) Досягнення слухачами зрозумілості основних властивостей світла у класичному підході та у квантовій електроніці. Формування фізичного мислення аспірантів в межах матеріалу, що вивчається.

2) Набути елементарних навичок роботи з джерелами лазерного випромінювання.

3) Дати слухачам базу для комплексного підходу розгляду ефектів взаємодії світла з середовищем.

4) Достатня підготовка аспірантів до сприймання матеріалу подальших курсів, передбачених програмою їх спеціалізації.

Фахові програмні результати навчання (вимоги до знань та вмінь)

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен

Знати: основні властивості розповсюдження світла у вільному просторі та при взаємодії з матеріальними середовищами.

Вміти: застосувати набуті знання в науково-дослідній та навчальній роботі. Зокрема вміти проводити класифікацію задач за методами застосування хвильового рівняння для розв'язку та характеристиками середовищ розповсюдження хвилі..

Завданням навчальної дисципліни (відповідно до переліку ОП) ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики» набути компетентності:

Загальні: ЗК1,ЗК2, ЗК3.

Спеціальні: СК1, СК2, СК5, СК6

Програмні результати навчання: РН1, РН4, РН5, РН6, РН7, РН8, РН9.

3. Тематичний план
(структура залікового кредиту)
з навчальної дисципліни ДВІ.04.03 «Вибрані розділи оптичної фізики»
(2 курс – 1 семестр)

№	Зміст	Лекції, год.	Практичні, год.	Самостійна робота, год.	Разом, год.
1.	Тема 1. Вступ. Структура оптики, геометрична та хвильова оптика. Джерела випромінювання світла. Поляризація коливань електромагнітної хвилі. Поняття про фотони.	3	0	7	10
2.	Тема 2. Хвильова оптика, принципи розповсюдження світла, плоска та сферична хвиля. Інтерференція хвиль. Когерентність.	3	3	7	13
3.	Тема 3. Хвильове рівняння. Розв'язок хвильового рівняння у вигляді оптичних пучків різного типу. Моді Ерміта-Гаусса та Лагерра-Гаусса.	3	0	8	11
4.	Тема 4. Дифракція світла на просторових структурах (наближення Френеля та Фраунгофера). Періодичні дифракційні ґратки. Фазові та амплітудні ґратки. Дифракція Брегга.	3	0	7	10
5.	Тема 5. Лазери та основні принципи лазерного випромінювання.	3	3	7	13
6.	Тема 6. Основи голографії. Демонстрація голограм різного типу.	3	3	8	14
7.	Тема 7. Поляризоване світло та деполяризація. Випадково- поляризоване світло та особливі точки та лінії.	3	3	8	14
8.	Тема 8. Розсіювання когерентного випромінювання. Спекл-структура розсіяного світлового поля. Оптичні вихори.	3	0	8	11
9.	Тема 9. Синтезовані голограми. Утворення пучків з оптичними сингулярностями. Основи сингулярної оптики.	3	3	8	14
10.	Тема 10.	3	0	7	10

	Динамічна голографія, підсилення світлових сигналів та умови генерації світла на фоторефрактивних кристалах. Література:				
Всього		30	15	75	120

Методичне забезпечення навчальної дисципліни:

опорні конспекти лекцій, мультимедійні презентації лектора, бібліотечні та електронні джерела зі списку рекомендованої літератури, довідково-інформаційні інтернет-джерела тощо.

4. Зміст навчальної дисципліни **ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики»**

1. **Тема 1.** Структура оптики, геометрична та хвильова оптика. Джерела випромінювання світла. Поляризація коливань електромагнітної хвилі. Поняття про фотони.

Література: 1, 2.

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення: Еліптична поляризація світла. Поляризатори. Обертання площини поляризації у хіральных середовищах.

2. **Тема 2.** Хвильова оптика, принципи розповсюдження світла, плоска та сферична хвиля. Інтерференція хвиль

Література: 1, 2.

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції та **практичного заняття** на тему «Фур'є-перетворення в оптиці».
2. Опрацювання матеріалу, що винесений для самостійного розгляду після практичного заняття по спостереженню інтерференції оптичних хвиль

3. **Тема 3.** Розв'язок хвильового рівняння у вигляді оптичних пучків різного типу. Моді Ерміта-Гаусса та Лагерра-Гаусса.

Література: 3, 4.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення: розв'язки хвильового рівняння для пучків Бесселя.

4. **Тема 4.** Дифракція світла на просторових структурах. Періодичні дифракційні ґратки. Фазові та амплітудні ґратки. Дифракція Брегга.

Література: 2, 3.

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу **практичного заняття** по спостереженню ефектів дифракції світла.

5. **Тема 5.** Лазери та основні принципи лазерного випромінювання.

Література: 4.

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції та **практичного заняття** по ознайомленню з лабораторними лазерами.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення після практичного заняття.

Пояснення спостережених властивостей лазерного випромінювання.

6. Тема 6. Основи голографії. Демонстрація голограм різного типу.

Література: 3.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції та матеріалів на тему «Історія голографії».
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення після практичного заняття по запису та зчитування голограм.

7. Тема 7. Поляризоване світло та деполяризація. Випадково-поляризоване світло та особливі точки та лінії.

Література: 1, 2.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції та **практичного заняття** на тему «Вимірювання параметрів Стокса».
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення після практичного заняття.

8. Тема 8. Розсіювання когерентного випромінювання. Спекл-структура розсіяного світлового поля. Оптичні вихори.

Література: 4, 5.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення: розмір спеклів у ближній та далекій зоні.

9. Тема 9. Синтезовані голограми. Утворення пучків з оптичними сингулярностями. Основи сингулярної оптики.

Література: 5.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції та додаткової літератури.
2. Індивідуальні завдання.

10. Тема 10. Динамічна голографія, підсилення світлових сигналів та умови генерації світла на фоторефрактивних кристалах.

Література: 6.

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції та додаткової рекомендованої літератури.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення та розв'язок запропонованих лектором задач
3. Підготовка індивідуального завдання за темою лекції.

5. Практичні заняття

з навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики»

Практичне закріплення лекційного матеріалу та наукові доповіді аспіранта пов'язані з темами лекцій і є частиною змісту дисципліни.

6. Самостійна робота

з навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики»

№	Зміст самостійної роботи аспірантів	Обсяг, годин
1.	Вивчення матеріалу лекції	30
2.	Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення	45
Усього за навчальну дисципліну		75

7. Методи викладання

з навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики»

У процесі викладання дисципліни використовуються такі методи:

- 1) методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності (бесіда, лекція; ілюстрація; лабораторні роботи, реферати; самостійна робота студентів);
- 2) методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності (навчальні дискусії, модульно-рейтингова система знань);
- 3) методи контролю (самоконтролю, взаємоконтролю), корекції (самокорекції, взаємокорекції) за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності.

8. Рейтингова система оцінювання

з навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики»

Основними формами організації контролю у процесі вивчення студентами даної дисципліни є індивідуальна, групова та фронтальна перевірка знань, вмінь та навичок студентів (усна та письмова. Рейтинг аспіранта складається з наступних отриманих балів:

1. Експрес-контроль – 20 балів. (усне опитування чи самостійні роботи під час навчального процесу)
2. Практичні заняття та самостійна робота – 40 балів.
3. Екзамен – 40 балів.

Заохочувальні та штрафні бали

1. При відсутності на лекції/практичному занятті без поважних причин -2 бали
2. Подана в журнал стаття чи виступ на конференції за темою курсу +10 балів.

Сума як штрафних так і заохочуваних балів розраховується за формулою $0,1R$, де R – загальна кількість балів, і не має перевищувати в цілому 10 балів.

Шкала рейтингів.

Загальна кількість балів, яку аспіранта може отримати під час вивчення курсу складається із суми вагових балів отриманих протягом вивчення дисципліни

$$R=20+40+40=100 \text{ (балів)}$$

Шкала відповідності оцінок

Рейтингова оцінка	Значення оцінки	Рейтинг у відсотках, %
A	Відмінно – відмінний рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу з, можливими незначними недоліками.	90-100
B	Дуже добре – достатньо високий рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок.	82-89
C	Добре – добрий рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу з незначною кількістю помилок.	75-81

D	Задовільно – посередні рівень знань (умінь) в межах обов’язкового матеріалу із значною кількістю недоліків, достатній для подальшого навчання або ж професійної діяльності.	69-74
E	Достатньо - мінімально можливий допустимий рівень знань (умінь) в межах обов’язкового матеріалу.	60-68
FX	Незадовільно з можливістю повторного складання – незадовільний рівень знань (умінь) в межах обов’язкового матеріалу з можливістю повторного перескладання після самостійного доопрацювання.	35-59
F	Незадовільно з з обов’язковим повторним вивченням курсу – низький рівень знань (умінь) в межах обов’язкового матеріалу, що вимагає повторного вивчення матеріалів курсу.	1-34

9. Орієнтовний перелік екзаменаційних питань з навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики»

1. Електромагнітне світлове випромінювання, його основні характеристики. Довжина хвилі, хвильовий вектор.
2. Взаємодія оптичного випромінювання з речовиною, швидкість світла, показник заломлення. Дисперсію діелектричної проникливості.
3. Поляризація світла та інтерференція поляризованих хвиль.
4. Хвильове рівняння.
5. Когерентність в оптиці. Час та довжина когерентності. Просторова когерентність.
6. Частково-когерентне випромінювання, зв’язок з шириною спектра.
7. Дифракція світла на періодичних структурах. Фазові та амплітудні ґратки.
8. Принципи голографії - реєстрація поля інтерференції сигнальної та опорної хвилі. Відновлення зображення. Уявне та дійсне зображення.
9. Основні типи голограм. Тонкі і об’ємні ґратки. Закон Бреґґа для об’ємних голограм. Голограми Денисюк.
10. Уявлення про поляризаційну голографію.
11. Принципи вимушеного випромінювання, схеми утворення інверсії.
12. Принципи роботи оптичного квантового генератора. Резонатор та зворотній зв’язок.
13. Типи лазерів, газовий, твердотільний, напівпровідниковий лазери.
14. Оптичні пучки, моди відкритого резонатора.
15. Принципи сингулярної оптики. Фазові дефекти, спекл-структура світлового поля.
16. Орбітальний та спіновий моменти у світловому полі.
17. Квантова природа світла, її проява при випромінюванні та поглинанні.
18. Уявлення про хвилевідне розповсюдження світла.
19. Уявлення про динамічну голографію. Фоторефракція.
20. Типи середовищ для голографії.

10.Рекомендована література з навчальної дисципліни ВК.04 «Вибрані розділи оптичної фізики»

1. М. Борн, Е. Вольф, Основы Оптики 1973.
2. Д. В. Сивухин, Общий курс физики, т. IV Оптика М.: Наука, 1980, 752 с.
3. Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. Лин, Оптическая голография, «Мир» 1973.
4. Кондиленко И. И., Коротков П. А., Хижняк А. И. Физика лазеров (Учебное пособие для вузов. — Киев: "Вища школа", 1984. — 232 с.)
5. М. S. Soskin, M. V. Vasnetsov. Singular Optics (in: Progress in Optics Vol. 42, 219 – 272 (2001).
6. С. Г. Одулов, М. С. Соскин, А. И. Хижняк. Лазеры на динамических решетках. Наука, 1990.