

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра експериментальної фізики  
Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана/директора  
навчальної роботи

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ року  
Фізичний  
факультет

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ОПТИКА**

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки

спеціальність 104. Фізика та астрономія

освітній рівень бакалавр

освітня програма фізика

вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	4
Кількість кредитів ECTS	5
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: проф. Дмитрук І.М., проф. Кондратенко С.В. – лекції.

Викладачі фізичного факультету - практичні заняття

Пролонговано: на 2021/22 н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 2021/22 н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.  
(підпис, ПІБ, дата)

Розробник(и): Дмитрук І.М. д.ф.-м.н., професор, професор кафедри експериментальної фізики;  
Кондратенко С.В., д.ф.-м.н., професор, професор кафедри оптики

---

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

 (підпис) (Дмитрук І.М.) (прізвище та ініціали)

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

 (підпис) (Кондратенко С.В.) (прізвище та ініціали)

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

---

Протокол № 4 від « 22 » серпня 2022 року

Голова науково-методичної комісії  (підпис) (Олій О.І.)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – формування сучасного наукового світогляду та системи знань про світло, речовину і явища, що виникають при їх взаємодії, та використання набутих знань та навичок на практиці.

### **2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:**

- 1. Знати основи теорії електромагнетизму, рівняння Максвелла та граничні умови до них.*
- 2. Володіти елементарними поняттями про коливання і хвилі.*
- 3. Вміти здійснювати основні математичні перетворення, інтегрування, диференціювання, розв'язувати рівняння, в тому числі, диференційні. .*

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Дисципліна “Оптика” є базовою обов'язковою дисципліною для спеціальності “фізика”, що вивчається в четвертому семестрі. Її обсяг становить 150 годин (5 кредитів за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS), з них 44 години лекцій, 30 годин практичних занять та 76 годин самостійної роботи.

Оптика, яка поряд з механікою є дуже наочною в буквальному розумінні слова, посідає особливе місце в сучасній фізиці не лише тому, що вона дозволяє описати і пояснити надзвичайно широке коло явищ, а й тому, що оптичні методи спостереження і дослідження відіграли і продовжують відігравати видатну роль в усіх розділах фізики, природознавства і науки в цілому. Оптичні методи спостереження, вимірювання, детектування використовуються в усіх розділах фізики для різних об'єктів від детектування елементарних частинок до спостереження еволюції галактик. Моделі і підходи, що виникли в оптиці застосовуються в інших розділах фізики. Наприклад, існує тісний зв'язок між понятійним апаратом, методами і результатами квантової механіки і хвильової та квантової оптики.

Метою і завданням навчальної дисципліни “Оптика” є встановлення основних законів оптики на основі узагальнення дослідних фактів і результатів спостережень у вигляді кількісних співвідношень між фізичними величинами з використанням відповідних фізичних моделей, а також застосування цих законів до розв'язування фізичних задач як теоретичними, так і експериментальними методами.

Предметом оптики є вивчення фізичних властивостей електромагнітного випромінювання в оптичному діапазоні частот та його взаємодії з речовиною, основні риси лінійних та нелінійних оптичних явищ, принципи і можливості оптичних вимірювань, фізичні основи та принципи роботи оптичних приладів.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. У межах першого змістовного модуля на лекціях розглядаються основні поняття і закони геометричної оптики, теорія і будова оптичних приладів, фотометрія, електромагнітна природа світла.
2. У межах другого змістовного модуля на лекціях розглядаються явища інтерференції і дифракції світла, їх пояснення і застосування, поляризація світла, взаємодія світла з речовиною, поняття про квантову оптику. Передбачено самостійне вивчення матеріалу описового характеру, вказаного лектором.

**4. Завдання (навчальні цілі):** - встановлення основних законів оптики на основі узагальнення дослідних фактів і результатів спостережень у вигляді кількісних співвідношень між фізичними величинами з використанням відповідних фізичних моделей, а також застосування цих законів до розв'язування фізичних задач як теоретичними, так і експериментальними методами.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.	1.1. Поняття і закони геометричної оптики, принципи будови і роботи основних оптичних приладів, що формують зображення, фотометрія, електро-магнітна теорія світла, явища інтерференції і дифракції світла, їх пояснення і застосування, поляризація світла, взаємодія світла з речовиною, поняття про квантову оптику.	Лекції, практичні та лабораторні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, контрольна робота	20
	1.2. Фізичні принципи будови і роботи основних оптичних приладів, теорія і практика оптичних вимірювань, застосування оптичних методів дослідження і контролю в різних галузях науки і техніки.	Лекції, практичні та лабораторні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань	20
2.	2.1. Використовувати отримані знання для аналітичних розрахунків, розв'язування задач, аналізу оптичних явищ.	Лекції, практичні та лабораторні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань,	20
	2.2. Використовувати результати аналізу, графічних побудов ходу променів, чисельних розрахунків для отримання інформації про фізичні механізми явищ, що спостерігаються при поширенні світлового випромінювання і його взаємодії з речовиною, вміти проводити відповідні виміри та розрахунки.	Лекції, практичні та лабораторні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, контрольна робота	20
	2.3. Використати набуті навички при виконанні вимірювань і аналізі роботи оптичних приладів.	Лекції, практичні та лабораторні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань	20

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни(код)	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>					
ПРН1.Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики.	+	+	+	+	+
ПРН3.Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+		+	+
ПРН4.Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	+		+		
ПРН6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики.	+	+		+	
ПРН7. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації		+		+	+
ПРН8.Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.	+	+	+	+	+
ПРН11.Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.			+	+	+
ПРН13.Розуміти зв'язок фізики з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень.	+		+	+	+
ПРН17.Знати і розуміти роль і місце фізики, інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.	+	+	+	+	+
ПРН22.Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.		+			
ПРН23.Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.	+				
ПРН24.Розуміти місце фізики у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+			

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (10 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (10 балів).
2. Колоквіум (10 балів).
3. Підсумкова контрольна робота (10 балів).

– **підсумкове оцінювання у формі екзамену:** на екзамені максимально можна отримати 60 балів.

#### - умови допуску до підсумкового екзамену:

**Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 24 бали.**

### 7.2 Організація оцінювання:

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 2 змістових модулів. Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання контрольних робіт, звітів з лабораторних робіт, рефератів, усних відповідей під час лекції, письмових та усних самостійних завдань. Студент може отримати максимально 10 балів за оцінювання колоквіуму. Модульний контроль: 2 модульні контрольні роботи, за які студент може отримати максимально 20 балів (по 10 балів за кожну роботу). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі підсумкової контрольної роботи (10 балів) та іспиту, під час якого студент може отримати максимально 60 балів.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	практичні	Сам.робота
<i>Змістовий модуль 1</i>				
1	<p><b>Лекція 1.</b> Короткий історичний огляд розвитку оптики: її роль в розвитку цивілізації та місце в сучасному світі.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Різні уявлення про світло: корпускули чи хвилі?</li> <li>•Сучасні підходи до опису світових явищ: променева, хвильова, квантова оптика.</li> <li>•Оптика як наука про властивості електромагнітного поля в певному інтервалі довжин хвиль і частот (енергій квантів) в вакуумі та в речовині.</li> <li>• Шкала електромагнітних хвиль. Долазерний та сучасний етапи розвитку оптики.</li> <li>• Лінійна і нелінійна оптика.</li> <li>•Видатна роль фотоніки в формуванні постіндустріального інформаційного суспільства.</li> </ul>	2	1	3
2	<p><b>Лекція 2.</b> Закони відбивання та заломлення на плоскій поверхні.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Наближення променевої оптики. Промінь. Прямолінійне поширення світла в однорідному просторі. Принцип Ферма.</li> <li>•Закони відбивання та заломлення на плоскій границі двох середовищ. Утворення уявного зображення точки в плоскому дзеркалі. Гомоцентричний пучок. Стигматичне зображення.</li> </ul>	2	2	3
3	<p><b>Лекція 3.</b> Заломлення та відбивання на сферичній поверхні</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Заломлення та відбивання на сферичній поверхні, що розділяє два середовища. Параксіальне наближення. Нульовий інваріант Аббе. Оптична сила сферичної поверхні та сферичного дзеркала, утворення ними зображень.</li> <li>•Тонка лінза. Формула тонкої лінзи. Збиральні та розсіювальні лінзи, утворення ними зображень.</li> <li>•Поняття про аберації реальних оптичних систем: сферична аберація, астигматизм, кома, дисторсія. Хроматична аберація. Методи їх усунення та зменшення.</li> </ul>	2	1	3
4	<p><b>Лекція 4.</b> Ідеальна оптична система та аберації реальних оптичних систем.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Центровані оптичні системи. Інваріант Лагранжа-Гельмгольца.</li> <li>•Поняття про ідеальну оптичну систему та її кардинальні елементи: головні площини, головні точки, фокуси, фокальні площини, вузлові точки. Спряжені точки, спряжені площини.</li> <li>•Лінійне (поперечне), кутове та поздовжнє</li> </ul>	2	2	3

	<p>збільшення ідеальної оптичної системи.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Додавання (комбінація) ідеальних оптичних систем, оптичний інтервал, товщина системи. Оптична сила та фокусні відстані складеної оптичної системи, знаходження її кардинальних елементів побудовою та розрахунковим шляхом.</li> <li>• Аберації реальних оптичних систем: сферична аберация, астигматизм, кома, дисторсія. Хроматична аберация. Методи їх усунення та зменшення.</li> </ul>			
5	<p><b>Лекція 5.</b> Основні поняття фотометрії.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Світловий потік та потік променистої енергії, яскравість, сила світла, освітленість, одиниці їх вимірювання. Зв'язок між світловими та енергетичними величинами. Еталон сили світла.</li> <li>• Закони освітленості.</li> </ul>	2	1	3
6	<p><b>Лекція 6.</b> Найпростіші оптичні системи.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Поняття про апертурну діафрагму, діафрагму поля зору, вхідну та вихідну зіниці, люки входу та виходу оптичних систем.</li> <li>• Фотоапарат, око, проєкційний ліхтар, лупа, мікроскоп, зорова труба, телескоп, спектрограф з призмою, хід променів в них та обмеження світлових пучків діафрагмами.</li> <li>• Використання світловодів для перетворення світлових пучків та отримання зображень.</li> </ul>	2	2	3
7	<p><b>Лекція 7.</b> Електромагнітні хвилі як один з наслідків рівнянь Максвелла.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зв'язок оптичних явищ з магнітними та електричними.</li> <li>• Електромагнітні хвилі як один з наслідків рівнянь Максвелла. Хвильове рівняння, швидкість поширення електромагнітних хвиль у вільному просторі та швидкість поширення світла у вакуумі. Розв'язки хвильового рівняння.</li> <li>• Плоскі світлові (електромагнітні) хвилі, їх поперечність та поляризація. Представлення плоскої хвилі в комплексній формі.</li> <li>• Густина потоку енергії електромагнітного поля.</li> <li>• Принцип суперпозиції світлових хвиль як наслідок лінійності рівнянь Максвелла. Світлові хвилі в речовині. Поняття про лінійну та нелінійну оптику.</li> <li>• Сферичні хвилі, точкове джерело, поняття про природу елементарних випромінювачів світлових (електромагнітних) хвиль.</li> </ul>	2	1	3
8	<p><b>Лекція 8.</b> Відбивання світла на межі поділу двох непровідних середовищ та проходження через неї.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Закони заломлення та відбивання як наслідок граничних умов для електричного та магнітного векторів хвилі.</li> <li>• Зв'язок між амплітудами падаючої, відбитої та заломленої хвиль: формули Френеля.</li> </ul>	2	1	3



	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Коефіцієнти відбивання та пропускання світла на межі двох середовищ.</li> <li>•Повна поляризація при відбиванні, кут Брюстера.</li> </ul>			
9	<p><b>Лекція 9.</b> Явище повного внутрішнього відбивання</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Умови спостереження, критичний кут.</li> <li>•Різниця фаз між ортогональними компонентами відбитого світла. Ромб Френеля.</li> <li>•Електромагнітне поле поблизу межі поділу: проникнення світла в друге середовище. Порухене повне внутрішнє відбивання (оптичне тунелювання).</li> <li>•Застосування повного внутрішнього відбивання світла. Оптичні волокна та інтегральна оптика.</li> </ul>	2	1	3
10	<p><b>Лекція 10.</b> Інтерференція світла як порушення принципу суперпозиції для інтенсивностей.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Інтенсивність як результат усереднення квадрата поля за час реєстрації. Інтенсивність при суперпозиції двох монохроматичних хвиль. Різниця фаз та умови максимумів та мінімумів. Видність інтерференційної картини.</li> <li>• Інтерференція двох плоских монохроматичних хвиль. Ширина і форма інтерференційних смуг.</li> <li>•Інтерференція сферичних хвиль від двох когерентних точкових джерел. Оптична різниця ходу.</li> <li>•Одержання когерентних світлових пучків в долазерній оптиці: метод поділу хвильового фронту, метод поділу амплітуди хвилі.</li> <li>•Інтерференційні схеми з поділом хвильового фронту: дослід Юнга, біпризма Френеля, білінза Бійє, дослід Месліна, бідзеркало Френеля, дзеркало Лойда, дослід Поля.</li> <li>•Фактори, що впливають на видність інтерференційної картини.</li> </ul>	2	2	3
11	<p><b>Лекція 11.</b> Двопучкова інтерференція з поділом амплітуди в клині та в плоскопаралельній пластинці.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Інтерференційні смуги однакових (рівних) товщин та однакових (рівних) нахилів. Кільця Ньютона.</li> <li>•Просвітлення оптики. Стоячі світлові хвилі. Дослід Вінера. Кольорова фотографія за Ліппманом.</li> </ul>	2	1	3
	<b>Контрольна робота 1</b>			2

### *Змістовий модуль 2*

12	<p><b>Лекція 12.</b> Інтерференція частково когерентного світла.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Степінь взаємної когерентності двох світлових полів, коефіцієнт видності інтерференційної</li> </ul>	2	2	3
----	---	---	---	---

	картини. •Взаємна когерентність світлового поля в двох точках простору. Поняття про просторову і часову когерентність. Радіус, час, довжина та об'єм когерентності. •Зв'язок між ступенем просторової когерентності та розмірами джерела світла. Критичний розмір джерела, кут когерентності, апертура інтерференції. •Зв'язок між ступенем часової когерентності та ступенем монохроматичності світла.			
13	<b>Лекція 13.</b> Двопучкова інтерферометри та їх застосування. •Інтерферометр Майкельсона. Принцип Фур'є спектроскопії. Інтерферометри Тваймана -Гріна, Фізо. Жамена, Маха-Цендера. •Інтерферометр Релея. Зоряний інтерферометр Майкельсона. Вимірювання кутового діаметру зірок.	2	1	3
14	<b>Лекція 14.</b> Багатопучкова інтерференція. •Багатопучкова інтерференція скінченої кількості когерентних пучків однакової інтенсивності. •Багатопучкова інтерференція в плоско-паралельній пластинці, формули Ейрі. Інтерферометр Фабрі-Перо. •Багатошарові інтерференційні світлофільтри та діелектричні дзеркала.	2	2	3
15	<b>Лекція 15.</b> Дифракція світла. •Відхилення від законів променевої оптики при розповсюдженні світла поблизу перешкод. •Дифракція Френеля і дифракція Фраунгофера.	2	1	3
16	<b>Лекція 16.</b> Принцип Гюйгенса-Френеля. •Метод зон Френеля. Пояснення прямолінійності поширення світла у вільному просторі. •Дифракція Френеля на круглому отворі, на круглому екрані, на прямолінійному краю непрозорого екрана. • Зонна пластинка.	2	2	3
17	<b>Лекція 17.</b> Поляризація світла. •Лінійна та циркулярна поляризація. •Методи отримання поляризованого світла. •Стопа, поляризаційні призми. Поляріди.	2	1	3
18	<b>Лекція 18.</b> Аналіз поляризованого світла. • Інтерференція поляризованого світла. •Інтерференція в паралельних та збіжних пучках. •Інтерференція в тонких кристалічних пластинках. •Півхвильові та чвертьхвильові пластинки.	2	1	3
	<b>колоквіум</b>			3
19	<b>Лекція 19.</b> Розсіяння світла. • Пружне і непружне розсіяння.	2	2	3

	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Розсіяння Релея.</li> <li>•Розсіяння Мандельштама-Брилюена.</li> <li>•Комбінаційне розсіяння світла.</li> </ul>			
20	<b>Лекція 20.</b> Корпускулярні властивості світлового випромінювання. <ul style="list-style-type: none"> <li>•Фотоефект. Закони фотоефекту.</li> <li>•Рівняння фотоефекту Ейнштейна.</li> <li>•Поняття про світлові кванти.</li> </ul>	2	1	3
21	<b>Лекція 21.</b> Випромінювання нагрітих тіл. <ul style="list-style-type: none"> <li>•Абсолютно чорне тіло.</li> <li>•Закон Стефана-Больцмана.</li> <li>•Закон Віна.</li> <li>•Формула Планка.</li> </ul>	2	1	3
22	<b>Лекція 22.</b> Спонтанне та вимушене випромінювання. <ul style="list-style-type: none"> <li>•Коефіцієнти Ейнштейна.</li> <li>•Лазери. Інверсія населеностей.</li> <li>•Основні типи та застосування лазерів.</li> </ul>	2	1	3
	<b>Контрольна робота 2</b>			2
	<b>Підсумкова контрольна робота</b>			3
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>44</b>	<b>30</b>	<b>76</b>

**Загальний обсяг 150 год.** в тому числі:

Лекцій – 44 год.

Практичні заняття - 30 год.

Самостійна робота - 76 год.

## 9. Рекомендована література:

### Основна:

1. Ландсберг Г.С. Оптика: Учебное пособие для физических специальностей вузов. М. : Наука, 1976. 928 с.
2. Матвеев А.Н. Оптика: Учебное пособие для физических специальностей вузов. М. : Высшая школа, 1985. 351 с.
3. Сивухин Д.В. Оптика: Учебное пособие. 2-е изд., испр. М. : Наука, 1985. 752 с.
4. Горбань І.С. Оптика :навчальний посібник для студ. ун-тів /І. С. Горбань. К. : Вища школа, 1979. 224 с.
5. Курс загальної фізики : підруч. для студ. ВНЗ : у 6 т. / ОНУ ім. І.І. Мечникова; за заг. ред. В. А. Сминтина. – Одеса : Вид-во Астропринт, 2011. - Т.4 : Оптика / В. А. Сминтина, Ю. Ф. Ваксман. – 2012. – 275 с. ISBN: 978–966–190–533–6 (т. 4)
6. Борн М., Вольф Е. Основы оптики. 2-е изд. М. : Наука, 1973. 720 с.
7. Білий М.У., Скубенко А.Ф. Загальна фізика. Оптика, Київ, Вища школа, 1987, 376 с.
8. Інтегральна оптика: теорія та технологія : навч. посіб. для студентів ВНЗ / Роберт Дж. Хансперджер ; пер. з англ. мови і редакція д-ра фіз.-мат. наук, проф. Р. О. Влоха, О. Г. Влоха. - 5-те вид. - Львів : Вид-во Ін-ту фіз. оптики ім. О. Г. Влоха, 2018. - 426, - Пер. изд. : Integrated optics.

Theory and technology / Robert G. Hunsperger. - 5-th ed. - 2002. - 100 прим. -ISBN 978-966-97386-4-6. - ISBN 966-553-364-9

9.Романюк М.О. Оптика : підручник / М.О.Романюк, А.С.Крочук, І.П.Пашук; за ред. проф. М.О.Романюка. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2012. – 564 с.

10.Курс загальної фізики. Оптика: запитання і відповіді : навчальний посібник / М. М. Яцура, Б. К. Остафійчук, А. М. Гамарник ; за ред. Б. К. Остафійчука. – Івано-Франківськ : Вид-во ДВНЗ “Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника”, 2017. – 571 с.

#### **Додаткова:**

1.Крауфорд Ф. Волны. М. : Наука, 1976. 528 с.

2.Дичберн Р. Физическая оптика, Москва, Наука, 1965, 631 с.

3.Фейман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Феймановские лекции по физике Т.3.- М.: Мир, 1965, 238 с.

4.Ахиезер А.И., Ахиезер И.А. Электромагнетизм и электромагнитные волны.- М.: Высш. шк., 1985, 504 с.

5.Остроухов А.А., Стрижевський В.Л., Цвелих М.Г., Цященко Ю.П. Розв'язання задач з курсу загальної фізики. Київ: Радянська школа.-1966.-503 с.

6.Загальна фізика у прикладах, запитаннях і відповідях. Оптика : навчальний посібник / В. Ф. Коваленко, І. М. Халімонова, Н. П. Харченко, В. М. Стецюк. – К. :Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. – 447 с. ISBN 978-966-439-456-4

7.Чумак О.О. Квантова оптика: [посіб. для студ. і асп. фіз. спец.] / О.О. Чумак; Нац ун-т «Києво-Могилян. акад.», Ін-т фізики НАН України. — Л.: Євросвіт, 2012. — 272 с. ISBN 978-966-8364-80-8

8.Кучерук І.Н. Горбачук І.Г. Загальний курс фізики. Т.3. – К.: Техніка. 1999.

9.Вуд Р. Физическая оптика. – Л.-М.: ОНТИ, 1986.

10.Скалли М. О., Зубайри М. С. Квантовая оптика. — М.: Физматлит, 2003. — 512 с.

11.J. Peatross and M. Ware, *Physics of Light and Optics*, 2015 edition, available at [optics.byu.edu](http://optics.byu.edu)

12.Ian Kenyon, *The Light Fantastic: A Modern Introduction to Classical and Quantum Optics* // Oxford University Press: 2011; 2nd edition. – 710 pages. ISBN-13: 978-0199584604

13.Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, *Fundamentals of Photonics*, 2019. Edition: Third Publisher: Wiley. – 1520 pages. ISBN: 9781119506874

14.E. Hecht, *Optics*, Publisher: Pearson; 5th edition, 2015. – 720 pages. ISBN-13: 978-0133977226

15.Ajoy Ghatak, *Optics*, Publisher: McGraw Hill; Seventh edition (2020); McGraw Hill Education (India). – 624 pages. ISBN-13: 978-9390113590

#### **Додаткові ресурси :**

1. Американский институт физики (AIP) <http://scitation.aip.org/>

2. SPIE Digital Library: <http://spiedigitallibrary.org/>