

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

(назва факультету, інституту, центру, коледжу)

Кафедра оптики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Оптика

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань **Е Природничі науки, математика та статистика**
(шифр і назва)

спеціальність **Е5 Фізика та астрономія**
(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень **бакалавр**
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма **Оптика**
(назва освітньої програми)

спеціалізація _____
(за наявності) (назва спеціалізації)

вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2025/2026

Семестр

4

Кількість кредитів ECTS

8

Мова викладання, навчання
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

іспит

Викладачі: проф. Кондратенко С.В.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2025

Розробники:

Кондратенко Сергій Вікторович, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри оптики

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри оптики



(Кондратенко С.В.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 8 від «19» травня 2025 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол №10 від «23» травня 2025 року

Голова науково-методичної комісії

(підпис)



(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни - формування цілісного сучасного наукового світогляду та системи фундаментальної знань про природу електромагнітного випромінювання в оптичному діапазоні частот. Дисципліна спрямована на засвоєння закономірностей процесів випромінювання світла, його поширення в різних середовищах, взаємодії з речовиною, а також на розуміння механізмів інтерференції, дифракції, поляризації, поглинання, дисперсії та розсіювання світла. У межах дисципліни забезпечується розвиток умінь застосовувати закони оптики для аналізу й пояснення оптичних явищ, розв'язування теоретичних і прикладних задач, інтерпретації результатів експериментальних досліджень та роботи з оптичними приладами.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- знати основні закони механіки, молекулярної фізики, електрики та магнетизму, основи математичного аналізу, звичайних диференціальних рівнянь та методів математичної фізики;
- вміти застосовувати знання з курсів механіки, молекулярної фізики, електрики та магнетизму, математичного аналізу, векторного і тензорного аналізу, диференціальних рівнянь для опису оптичних явищ і розв'язування фізичних задач з курсу оптики;
- володіти базовими навичками розв'язування фізичних задач різних типів, обчислення похідних та інтегралів, виконання операцій з векторами, побудови графіків функцій.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Оптика» спрямована на вивчення фізичних властивостей електромагнітного випромінювання в оптичному діапазоні частот та фундаментальних закономірностей його взаємодії з речовиною. У межах курсу розглядаються теоретичні та експериментальні аспекти процесів випромінювання світла, його поширення в середовищах різної фізичної природи, відбивання і заломлення на межах поділу середовищ, поглинання, дисперсії та розсіювання світла. Особливу увагу приділено явищам інтерференції, дифракції та поляризації світла, умовам утворення когерентних світлових полів.

4. Завдання (навчальні цілі): – вивчення і засвоєння фізичних властивостей електромагнітного випромінювання в оптичному діапазоні частот, особливостей інтерференції та дифракції світла, принципів оптичних вимірювань, оптичних властивостей речовини та закономірностей взаємодії світла з речовиною 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 задач з оптики.

Методи викладання: лекції, семінари, лабораторні роботи, консультації. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, реферати, контроль за виконанням лабораторних робіт, залік за виконання лабораторних робіт, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок модульного контролю (60%) та іспиту (40%).

Дисципліна спрямована на досягнення таких загальних та спеціальних (фахових, предметних) компетентностей випускника:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальних:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК9. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

ЗК12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

Фахових:

ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

ФК8. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

ФК12. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

ФК13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

ФК15. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної оптики.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Формулювати та пояснювати основні принципи, закони, формули та рівняння оптики, а також визначати межі їх застосування.	Лекції, лабораторні та практичні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, модульна контрольна робота	20
1.2	Характеризувати властивості електромагнітного випромінювання в оптичному діапазоні частот, явища інтерференції та дифракції світла, оптичні властивості речовини та закономірності взаємодії світла з речовиною.	Лекції, лабораторні та практичні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, модульна контрольна робота	20
1.3	Наводити та аналізувати приклади проявів законів оптики в природі, а також приклади їх використання в техніці, різних галузях науки, виробництва та повсякденному житті.	Лекції, лабораторні та практичні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, модульна контрольна робота	20

2.1	Аналізувати оптичні явища та результати експериментальних досліджень, спираючись на основні закони і формули оптики.	Лекції, лабораторні та практичні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, модульна контрольна робота	20
2.2	Розв'язувати основні типи задач з оптики, використовуючи фундаментальні закони та формули, аналізувати отримані розв'язки з точки зору їх відповідності базовим фізичним уявленням і встановлювати межі застосування отриманих результатів.	Лекції, лабораторні та практичні заняття	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, модульна контрольна робота	20

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання
(необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни		1	2
Програмні результати навчання			
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 та/або астрономії.		+	+
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 та астрономії: 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 та астрономії.		+	
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 та/або астрономії 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 або астрономічних досліджень.		
ПРН17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та 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 та астрономії 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. Колоквіум: **20 балів**
2. Оцінювання результатів виконання тестів та контрольних робіт, проведених під час практичних занять: **10 балів**
3. Оцінювання результатів виконання самостійних завдань: **10 балів**
4. Підсумкова контрольна робота: **10 балів**

- підсумкове оцінювання:

Підсумковий контроль знань студента проводиться у формі іспиту, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – **50 балів**.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка складається із суми оцінок за модулі та оцінки за екзамен.

- умови допуску до підсумкового екзамену:

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів

Заплановано такі види поточного і підсумкового контролю:

- 1) контрольні роботи;
- 2) контроль самостійної роботи студентів;
- 3) усні опитування;
- 4) підсумкова контрольна робота;
- 5) іспит.

7.2 Організація оцінювання:

Робота з вивчення програмного матеріалу поділяється на три змістовні модулі.

1-й змістовний модуль (ЗМ1)

У межах першого змістовного модуля на лекціях розглядаються питання **електромагнітна природа світла, поширення, відбивання та заломлення світла, геометрична оптика, інтерференція світла** проводяться практичні заняття з розв'язування задач за темою матеріалу модуля та лабораторні роботи, а також самостійне вивчення матеріалу описового характеру, вказаного лектором.

Максимальна можлива кількість балів за перший модуль сягає **30** балів, які нараховуються за результатами колоквіуму (**20** балів), за виконання контрольних робіт (**5** балів) та за результатами самостійної роботи студентів на практичних заняттях (**5** балів).

Модульний контроль здійснюється після 8 тижнів з початку роботи.

2-й змістовний модуль (ЗМ2)

У межах третього змістовного модуля теоретично розглядаються питання **застосування інтерференції, основи голографії, дифракція світла, поглинання та дисперсія світла, молекулярна оптика, електромагнітні хвилі в анізотропних середовищах, елементи квантової оптики, елементи нелінійної оптики**, проводяться практичні заняття з розв'язування задач за темою матеріалу модуля та лабораторні роботи, а також самостійне вивчення матеріалу описового характеру, вказаного лектором.

Максимальна можлива кількість балів за третій модуль сягає **20** балів, які обчислюються як сума кількості балів за виконання контрольних робіт (**5** балів) та за результатами самостійної роботи студентів на практичних заняттях (**5** балів) та за результатами підсумкової контрольної роботи з розв'язування задач (**10** балів)

Модульний контроль здійснюється на останньому тижні роботи.

7.3 Шкала відповідності оцінок

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

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

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Лабораторні
Змістовий модуль 1				
1	Лекція 1. Вступ. Короткий історичний огляд розвитку оптики. Роль оптики у розвитку науки і техніки та формуванні сучасного світогляду. Розвиток поглядів на природу світла. Електромагнітна природа світла. Шкала електромагнітних хвиль.	2	1	2
2	Лекція 2. Рівняння Максвелла. Хвильове рівняння Одновимірне хвильове рівняння та його аналіз. Швидкість поширення електромагнітних хвиль. Рівняння Максвелла для електромагнітних хвиль в однорідних діелектриках. Фазова швидкість, хвильовий вектор, абсолютний показник заломлення. Густина та потік енергії.	2	2	2
3	Лекція 3. Поляризація світла. Типи поляризації світла. Елементарний дипольний випромінювач. Сферичні хвилі. Частково поляризоване світло.	2	1	2
4	Лекція 4. Відбивання та заломлення світла на межі поділу двох діелектриків. Поширення електромагнітних хвиль в діелектриках. Граничні умови для електричного та магнітного полів на межі поділу двох середовищ. Формули Френеля. Амплітудні та енергетичні коефіцієнти відбивання. Кут Брюстера. Зсув фаз при відбиванні.	2	2	2
5	Лекція 5. Повне внутрішнє відбивання. Граничний кут. Хвилі біля межі поділу середовищ. Коефіцієнти відбивання та зсув фаз при повному внутрішньому відбиванні.	2	1	2
6	Лекція 6. Поширення електромагнітних хвиль в поглинаючих середовищах. Показники поглинання та заломлення. Коефіцієнти поглинання та відбивання. Закон Бугера.	2	2	2
7	Лекція 7. Геометрична оптика. Граничний перехід від хвильової оптики до геометричної. Принцип Ферма. Заломлення променів на сферичній поверхні. Параксіальне наближення. Теорема Лагранжа-Гельмгольца. Типи лінз. Формула тонкої лінзи. Властивості центрованих оптичних систем. Кардинальні елементи оптичної системи. Додавання ідеальних оптичних систем. Товста лінза як оптична система. Оптична система ока, лупи, телескопа і мікроскопа.	2	1	2
8	Лекція 8. Квазімонохроматичне світло. Суперпозиція двох різночастотних коливань (биття). Хвильовий пакет. Фазова та групова швидкості. Амплітудно модульовані хвилі. Хвильовий цуг та його спектр. Ступінь монохроматичності. Спонтанне випромінювання атома. Природний контур спектральної лінії. Розширення контурів спектральних ліній.	2	2	2

9	Лекція 9. Інтерференція світла. Принцип суперпозиції, когерентність хвиль. Інтерференція двох монохроматичних хвиль. Ширина полос. Інтерференція монохроматичних хвиль від двох точкових джерел. Вплив фазових співвідношень. Форма полос та порядок інтерференції.	2	1	2
10	Лекція 10. Інтерференція типу Френеля та типу Ньютона (поділ хвильового фронту та поділ амплитуди. Отримання когерентних хвиль. Дослід Юнга, бідзеркало Френеля, біпризма Френеля, білінза Бійє, дзеркало Ллойда, досліди Месліна та Поля. Інтерференція світла в плоскопаралельній пластині. Полоси рівного нахилу. Полоси рівної товщини. Клини, кільця Ньютона. Локалізація інтерференційних смуг.	2	1	2
11	Лекція 11. Просторова та часова когерентність. Інтерференція світла від протяжного монохроматичного джерела. Просторова когерентність. Вплив кутових розмірів джерела на видність інтерференційної картини. Інтерференція немонохроматичного світла. Часова когерентність. Довжина та час когерентності. Функція видності інтерференційної картини для цугу скінченної довжини. Функція кореляції та просторово-часова когерентність. Комплексна ступінь когерентності. Зв'язок функції кореляції зі спектром сигналу. Теорема Ван-Ціттера-Церніке.	2	1	2

Змістовий модуль 2

12	Лекція 12. Застосування двопроменевої інтерференції. Інтерферометри Майкельсона, Жамена, Маха-Цендера, Тваймана-Гріна, Саньяка. Просвітлення оптики. Інтерференційні дзеркала та фільтри. Основи Фур'є спектроскопії.	2	1	2
13	Лекція 13. Багатопроменева інтерференція. Багатопроменева інтерференція в плоскопаралельній пластині. Формула Ейрі. Інтерферометр Фабрі-Перо. Розподіл інтенсивності в інтерференційній картині, форма полос, спектральний інтервал, ширина лінії, роздільна здатність. Основи голографії. Запис та відтворення голограмного зображення.	2	2	2
14	Лекція 14. Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Спіраль Френеля. Дифракція та круглому отворі та круглому екрані. Дослід Поля. Зонна пластинка Френеля, положення її фокусів. Дифракція Френеля на краю прямолінійного екрана. Спіраль Корню. Розподіл інтенсивності при дифракції від щілини та непрозорої полоски.	2	1	2
15	Лекція 15. Дифракція Фраунгофера. Дифракція Фраунгофера на одній щілині, прямокутному та круглому отворах. Дифракція на двох щілинах. Інтерферометр Релея.	2	2	2

16	Лекція 16. Дифракційні ґратки. Розподіл інтенсивності. Дисперсія, вільний спектральний діапазон та роздільна здатність дифракційної ґратки. Оптичні схеми спектральних пристроїв. Типи призми, їх дисперсія та роздільна здатність. Роздільна здатність телескопа та мікроскопа. Мікроскопія фазового контрасту.	2	1	2
17	Лекція 17. Поглинання та дисперсія світла. Класична теорія дисперсії. Формули Зельмейера та Коші. Нормальна та аномальна дисперсія. Молекулярна оптика. Молекулярне розсіювання світла. Розсіювання в неоднорідному середовищі. Ефект Тіндала. Релеєвське розсіювання світла та його основні закономірності. Формула Релея. Комбінаційне розсіювання світла та його основні закономірності. Розсіювання Мандельштама-Бріллюена.	2	2	2
18	Лекція 18. Поширення світла в анізотропних середовищах. Явища дихроїзму та подвійного променезаломлення. Тензор діелектричної проникності. Еліпсоїд хвильових нормалей та променів. Одновісні та двовісні кристали. Застосування принципу Гюйгенса для кристалів з однією віссю. Головна площина. Звичайний та незвичайний промені.	2	1	2
19	Лекція 19. Штучна анізотропія. Явища Керра, Поккельса, Зеемана. Обетання площини поляризації.	2	1	2
20	Лекція 20. Рівноважне випромінювання. Закон Кірхгофа. Формула Планка та її зв'язок з формулами Віна, Релея-Джинса та законом Стефана-Больцмана. Застосування законів теплового випромінювання. Оптична пірометрія	2	1	2
21	Лекція 21. Фотоефект та його закономірності. Рівняння Ейнштейна. Гіпотеза світлових квантів. Лазери, принцип дії та основні складові елементи. Розповсюдження світла в середовищі з інверсним заселенням рівнів. Основні характеристики лазерного випромінювання.	2	2	2
22	Лекція 22. Елементи нелінійної оптики. Нелінійна поляризація діелектрика. Явище насичення поглинання в сильному світловому полі. Генерація другої оптичної гармоніки.	2	1	2
ВСЬОГО		44	30	44

*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

Перелік лабораторних робіт

1. Геометрична оптика

- 1.1. Визначення фокусної відстані тонкої лінзи методом Бесселя
- 1.2. Визначення фокусної відстані та положення головних площин товстої лінзи
- 1.3. Визначення фокусної відстані увігнутої лінзи

2. Інтерференція, дифракція

- 2.1. Інтерференція на біпризмі Френеля
- 2.2. Визначення радіуса кривизни сферичної лінзи за допомогою кілець Ньютона
- 2.3. Дифракція Фраунгофера на щілині
- 2.4. Дифракція Фраунгофера на дифракційній ґратці

3. Поляризація

- 3.1. Перевірка закону Малюса
- 3.2. Визначення кута Брюстера

4. Рефракція та дисперсія

- 4.1. Визначення залежності показника заломлення розчину від концентрації
- 4.2. Визначення дисперсії спектральної призми
- 4.3. Визначення показника заломлення скла за допомогою інтерферометра Майкельсона

Загальний обсяг навчальних годин – 119, в тому числі:

Лекцій – 44 год.

Лабораторні роботи - 44 год.

Практичні заняття - 30 год.

Самостійна робота - 121 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна:

- 1. Білий М.У., Скубенко А.Ф. Загальна фізика. Оптика, Київ, Вища школа, 1987, 376 с.
- 2. Кучерук І. М., Горбачук І. Т.; за ред. Кучерука І. М., Загальний курс фізики. Том 3. Оптика. Квантова фізика. К.: Техніка, 1999.-520 с.
- 3. Born, M., & Wolf, E. (1999). Principles of Optics: Electromagnetic Theory of Propagation, Interference and Diffraction of Light (7th ed.). Cambridge University Press.
- 4. Hecht, E. (2002). Solutions to Problems in "Optics" (4th ed.). Pearson Education.
- 5. Smith, W. J. (2007). Modern Optical Engineering (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- 6. Malacara-Hernández, D., & Malacara-Hernández, Z. (2019). Handbook of Optical Design (3rd ed.). CRC Press.

Додаткова:

- 1. Боровий М.О., Оліх О.Я., Цареградська Т.Л., Овсієнко І.В., Подолян А.О., Козаченко В.В. Загальна фізика для хіміків. Збірник задач. Частина 3. Оптика, елементи квантової механіки, атомної та ядерної фізики. Вінниця. ТОВ «Твори» 2022. – 185 с.
- 2. Американський інститут фізики (AIP) <http://scitation.aip.org/>
- 3. SPIE Digital Library: <http://spiedigitallibrary.org/>

10. Додаткові ресурси :

- 1. Американський інститут фізики (AIP) <http://scitation.aip.org/>
- 2. SPIE Digital Library: <http://spiedigitallibrary.org/>