

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету



Руслан ВОВК

«Вересня» 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Інтерференція, дифракція світла та кристалооптика

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 – природничі науки
Спеціальність	104 – фізика та астрономія
Освітня програма	фізика
Спеціалізація	
Вид дисципліни	за вибором
Факультет	фізичний

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету.

Протокол від 30.08.2023 р. № 6.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Маковецький Євген Дмитрович, канд. фіз.-мат. наук, доцент каф. фізичної оптики
Лимар Валентин Іванович, старший викладач каф. фізичної оптики

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної оптики.


Протокол від 28.08.2023 р. № 1.

В. о. завідувача кафедри фізичної оптики



Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Фізика».

Гарант освітньо-професійної програми



 Олег ЛАЗОРЕНКО

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від 29.08.2023 р. № 7.

Голова методичної комісії



 Микола МАКАРОВСЬКИЙ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Інтерференція, дифракція світла та кристалооптика» складена відповідно до освітньої програми підготовки «бакалавр» зі спеціальності «104 – фізика та астрономія», освітньо-професійна програма «Фізика».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – набуття студентами знань щодо властивостей світлових хвиль та їхньої взаємодії з об'єктами та середовищами, що поляризують та дифрагують світло, а також набуття навичок постановки експериментів з використанням відповідних оптичних приладів: інтерферометрів, дифракційних ґраток, кристалів з двоприменезаломленням.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – вивчити матеріал щодо явищ інтерференції, дифракції, двоприменезаломлення в рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно; виконати серію лабораторних робіт з інтерференції, дифракції тощо.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов (ІК 1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 3).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК 5).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК 9).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК 12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК 13).
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК 1).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК 7).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК 9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК 10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК 12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук (ФК 13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК 14).

1.3. Кількість кредитів – 9.

1.4. Загальна кількість годин – 270.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
7-й	
Лекції	
36 год.	
Практичні, семінарські заняття	
не передбачено навчальним планом	
Лабораторні заняття	
76 год.	
Самостійна робота	
158 год.	
в тому числі індивідуальні завдання	
не передбачено навчальним планом	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен знати: основні положення теорії інтерференції, дифракції, двоприменезаломлення; головні відомі експериментальні результати досліджень відповідних оптичних властивостей різних середовищ.

вміти: застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних при оптичних дослідженнях середовищ.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- 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 (ПРН 1).
- Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них (ПРН 2).
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій (ПРН 3).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН 5).
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії (ПРН 6).
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН 7).

- 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 (ПРН 8).
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки (ПРН 11).
- 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 (ПРН 13).
- 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 (ПРН 17).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН 22).
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії (ПРН 23).
- Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ПРН 24).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН 25).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Інтерференція світла

- Тема 1.* Інтерференція монохроматичного світла. Інтерференційні експерименти по методах ділення амплітуди та хвильового фронту.
- Тема 2.* Інтерференція квазімонохроматичного світла. Часова когерентність. Роль скінченних розмірів джерела світла. Просторова когерентність.
- Тема 3.* Двопроменеві інтерферометри. Інтерферометр Майкельсона.
- Тема 4.* Багатопроменева інтерференція. Інтерферометр Фабрі–Перо. Вузкосмугові оптичні фільтри.

Розділ 2. Дифракція світла

- Тема 1.* Принцип Гюйгенса–Френеля. Зони Френеля. Зонна пластинка Френеля.
- Тема 2.* Дифракція Френеля на прямолінійному краю екрана. Спіраль Корню. Дифракція Френеля на щілині або непрозорій смузі.
- Тема 3.* Дифракція Фраунгофера на щілині. Дифракційне розходження пучків світла. Векторні діаграми для дифракції Фраунгофера на щілині.
- Тема 4.* Дифракція Фраунгофера від прямокутного та круглого отворів.
- Тема 5.* Гаусові пучки та оптичні резонатори.
- Тема 6.* Дифракційні ґратки. Різновиди ґраток.
- Тема 7.* Спектральні прилади. Роздільна здатність спектральних приладів.

Розділ 3. Кристалооптика

- Тема 1.* Подвійне променезаломлення. Плоскі монохроматичні хвилі в анізотропному середовищі. Одноосні та двохосні кристали.
- Тема 2.* Заломлення на границі анізотропного середовища. Побудова Гюйгенса.

Тема 3. Інтерференція поляризованого світла. Поляризаційні призми та поляроїди.

Тема 4. Штучна анізотропія. Ефект Керра.

Тема 5. Гіротропні середовища. Тензор гіротропії.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього го	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд	с.р.	л		п	л.	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Інтерференція світла												
Тема 1.	13	2		2		9						
Тема 2.	17	2		5		10						
Тема 3.	17	2		5		10						
Тема 4.	17	2		5		10						
Разом за розділом 1	64	8		17		39						
Розділ 2. Дифракція світла												
Тема 1.	16	2		5		9						
Тема 2.	18	3		5		10						
Тема 3.	17	3		4		10						
Тема 4.	17	2		5		10						
Тема 5.	16	2		4		10						
Тема 6.	18	2		6		10						
Тема 7.	17	2		5		10						
Разом за розділом 2	119	16		34		69						
Розділ 3. Кристалооптика												
Тема 1.	17	2		5		10						
Тема 2.	18	2		6		10						
Тема 3.	16	2		4		10						
Тема 4.	18	3		5		10						
Тема 5.	18	3		5		10						
Разом за розділом 3	87	12		25		50						
Усього годин	270	36		76		158						

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Теми	Кільк. годин
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки	2
2	Вимірювання товщин тонких шарів за допомогою ліній рівного хроматичного порядку (частина 1)	5
3	Вимірювання товщин тонких шарів за допомогою ліній рівного хроматичного порядку (частина 2)	5
4	Інтерферометричний метод вимірювання дисперсії показників заломлення рідин і тонких діелектричних шарів (частина 1)	5
5	Інтерферометричний метод вимірювання дисперсії показників заломлення рідин і тонких діелектричних шарів (частина 2)	5
6	Дослідження спектра комбінаційного розсіювання чотирихлористого вуглеця (частина 1)	5

7	Дослідження спектра комбінаційного розсіювання чотирихлористого вуглеця (частина 2)	4
8	Дослідження спектра люмінесценції молекулярного йоду (частина 1)	5
9	Дослідження спектра люмінесценції молекулярного йоду (частина 2)	4
10	Аналіз еліптично поляризованого світла	6
11	Дослідження двопронезаломлення у кристалах (частина 1)	5
12	Дослідження двопронезаломлення у кристалах (частина 2)	5
13	Експериментальне дослідження властивостей фотопластинок (частина 1)	6
14	Експериментальне дослідження властивостей фотопластинок (частина 2)	4
15	Спектральні характеристики фотоелементів та фотоопорів (частина 1)	5
16	Спектральні характеристики фотоелементів та фотоопорів (частина 2)	5
	Разом	76

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кільк. годин
1	Ознайомитись із засадами оптичної голографії, схемами запису голографічних зображень	9
2	Ознайомитись із устроєм зіркового інтерферометра Майкельсона	5
3	Інтерферометрія інтенсивностей в експерименті Брауна–Твіса	5
4	Ознайомитись із видами двопроневих інтерферометрів та їх використанням	10
5	Ознайомитись із основними засадами оптики тонких плівок, методами розрахунку інтерференційних покриттів, які використовуються для просвітлення, фільтрації, селективного відбивання світла	10
6	Випромінювання точкового диполя як граничний випадок дифракції	9
7	Ознайомитись із побудовою та застосуванням векторних діаграм у задачах дифракції Френеля	5
8	Дифракційний інтеграл Кірхгофа–Гюйгенса та опис за його допомогою процесу розповсюдження світла	5
9	Ознайомитись із впливом явища дифракції Фраунгофера на роздільну здатність спектральних приладів	10
10	Застосування оптичних резонаторів у лазерній техніці	10
11	Принцип роботи дифракційних ґраток із профільованим штрихом	10
12	Апаратна функція спектрального приладу	10
13	Тензор діелектричної проникності та його зв'язок із типом симетрії кристала	10
14	Рівняння хвильових та променевих нормалей Френеля	10
15	Поняття оптичної індикатриси та її зв'язок із типами симетрії кристалів	10
16	Застосування поляризаційної оптики при вивченні механічних деформацій у твердих тілах	10
17	Електрооптична модуляція випромінювання. Ефекти Керра та Поккельса	10
18	Обертання напрямку поляризації світла. Ефект Фарадея	10
	Разом	158

6. Індивідуальні завдання

Навчальним планом не передбачені.

7. Методи навчання

1. Проведення лекційних занять
2. Проведення лабораторних занять
3. Самостійна робота студентів з вивчення додаткових матеріалів з курсу та обробки результатів лабораторних робіт

8. Методи контролю

1. Поточний контроль при виконанні лабораторних робіт
2. Дві контрольні роботи на протязі семестру
4. Екзамен

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен	Сума
Виконання лабораторних робіт	Контрольна робота №1	Контрольна робота №2	Разом		
45	5	10	60	40	100

Досягнення студентів з навчальної дисципліни «Інтерференція, дифракція світла та кристалооптика» оцінюються в балах, загальна сума яких становить 100. Вона складається з 60 балів, які студент може отримати протягом семестру, та 40 балів, які може отримати при проходженні підсумкового контролю у вигляді екзамену.

Дисципліна «Інтерференція, дифракція світла та кристалооптика» складається з двох частин: теоретичної та експериментальної. Теоретична частина є курсом лекцій, засвоєння матеріалу яких перевіряється на протязі семестру шляхом проведення двох контрольних робіт, перша з яких оцінюється у 5 балів, а друга – у 10 балів.

Експериментальна частина курсу є низкою з 15 лабораторних занять (яким передують вступні заняття з техніки безпеки). За кожне лабораторне заняття студент може отримати при його проведенні 2 бали, та ще 1 бал пізніше, тобто 45 балів за усі лабораторні роботи. Ці 3 бали нараховуються: 1) 1 бал за знання матеріалу роботи при проведенні процедури допущення до роботи, 2) 1 бал за виконання експериментальної частини роботи, 3) 1 бал за пізніше виконання теоретичної частини роботи (обчислення, побудування графіків тощо) і захист роботи у строк до проведення екзамену.

Екзамен проводиться у письмовому вигляді шляхом написання студентами відповідей на запитання екзаменаційного білету. Кожен білет містить два запитання. Відповідь на перше запитання оцінюється за шкалою 0–15 балів, відповідь на друге – за шкалою 0–25 балів. Тобто максимальною оцінкою за екзаменаційну роботу є 40 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90–100	відмінно	зараховано
70–89	добре	
50–69	задовільно	
1–49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. A. Yariv, P. Yeh, “Optical Waves in Crystals”, N.Y. – Singapore: John Wiley & Sons, 1984, 589 p.
2. M. Born, E. Wolf, “Principles of Optics”, 4th Edition, Oxford – Braunschweig: Pergamon Press, 1970, 810 p.
3. L.D. Landau, E.M. Lifshitz, “Electrodynamics of Continuous Media”, 2nd Revised Edition, Oxford – Toronto: Pergamon Press, 1984, 460 p.
4. D. Marcuse, “Light Transmission Optics”, 2nd Edition, N.Y. – Melbourne: Van Nostrand Reinhold Company, 1982, 534 p.
5. F.L. Pedrotti, L.M. Pedrotti, L.S. Pedrotti, “Introduction to Optics”, 3rd Edition, Cambridge – Tokyo: Cambridge University Press, 2017, 617 p.

Допоміжна література

1. R.W. Wood, “Physical Optics”, New and Revised Edition, N.Y.: The Macmillan Company, 1911, 705 p.
2. W. Demtröder, “Atoms, Molecules and Photons: An Introduction to Atomic-, Molecular- and Quantum Physics”, 2nd Edition, Heidelberg – N.Y.: Springer Science+Business Media, 2010, 589 p.