


Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»
Фізичний факультет
Кафедра фізики напівпровідників

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Декан фізичного факультету


Лазур В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«30» червня 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Оптика**

Рівень вищої освіти
Галузь знань
Спеціальність

**Перший (бакалаврський) рівень
10 «Природничі науки»
104 Фізика та астрономія**

Освітня програма
Статус дисципліни
Мова навчання

**Фізика та астрономія
обов'язкова
українська**

Ужгород – 2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Оптика» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 104 Фізика та астрономія освітньої програми Фізика та астрономія.

Розробник: Грабар О.О. – професор кафедри фізики напівпровідників, доктор фізико-математичних наук, професор


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики напівпровідників

протокол № 9 від «30» травня 2022 р.

Завідувач кафедри  Височанський Ю.М.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «30» червня 2021 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	денна форма навчання
Кількість кредитів – 4,5	Рік підготовки 2-й
Загальна кількість годин - 135	Семестр 4-й
Кількість модулів – 4	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4	
	Лекції 36 год.
Вид підсумкового контролю: екзамен	Практичні, семінарські 30 год.
Форма підсумкового контролю: комбінована	Лабораторні - Самостійна робота 69 год.

II. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Оптика» є обов'язковою компонентою циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів спеціальності «Фізика та астрономія».

Метою вивчення курсу є:

- оволодіння студентами основними фундаментальними уявленнями по курсу “Оптика”;
- формування цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних із мікро- та макросвітом,
- наукового світогляду і сучасного фізичного мислення;
- одержання навиків застосування фундаментальних знань до розв'язування конкретних практичних задач;
- формування у студентів навиків експериментальної роботи на приладах та апаратурі для вивчення оптичних явищ.

Метою проведення лекцій є вияснення фізичної суті і змісту основних положень та понять оптики, зокрема результатів спостережень при лекційних демонстраціях, експериментальних дослідженнях в лабораторному практикумі.

Задачі проведення лекцій. У результаті проведення лекцій студенти повинні знати основні поняття і стан сучасної фізики, які описують оптичні явища, розуміти їх фізичну суть, знати формулювання законів, вивід формул, межі застосування запропонованих теорій, моделей і абстракцій, знати методи вивчення оптичних явищ, законів та величин і експериментальної перевірки законів.

Мета проведення практичних занять – навчити студентів правильно і глибоко розуміти фізичні закони, поняття, виділити головні фактори, що обумовлюють те або інше явище, виробити здатність застосовувати загальні теоретичні закономірності до конкретних випадків, розвивати самостійну творчу роботу, закріплювати теоретичні знання, одержані на лекціях.

Задачі проведення практичних занять. У результаті проведення практичних занять студенти повинні знати відповідні фізичні закони, положення, визначення, вивід робочих формул, метод розмірностей, різні одиниці, зокрема, систему одиниць СІ. Вміти глибоко осмислювати зміст задачі, правильно подавати їх за допомогою відповідних малюнків і схем, проводити відповідні записи вихідних даних і величин; вміти вибирати відповідні даній задачі фізичні закони, положення і визначення, вміти переводити одиниці фізичних величин із системи в систему, вміти користуватися методами наближених обчислень і засобами обчислювальної техніки, вміти доводити розв'язки задач до кінцевого результату, робити висновки по розв'язаній задачі.

У результаті вивчення навчальної дисципліни "оптика" студент повинен:

знати: основні поняття, визначення, теореми, співвідношення, що складають зміст курсу оптики; основні типи фізичних задач, які зв'язані з застосуванням понятійного і математичного апарату, теоретичні основи аналізу оптичних явищ; основні типи фізичних задач.

вміти: формалізувати фізичні задачі з області оптики за допомогою освоєного математичного апарату, класифікувати отримані математичні співвідношення за типами і, слідуючи відомим алгоритмам, отримувати шукані розв'язки; проводити оптичні досліди та вимірювання оптичних параметрів, обробляти та узагальнювати результати вимірювань, формулювати висновки.

уявляти основні напрямки розвитку оптики, а також математичних методів оптики, в т.ч. із залученням комп'ютерних технологій.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Інтегральна компетентність	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 комплексністю та невизначеністю умов.
Загальні компетентності	<p>K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>K07. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.</p>
Спеціальні (фахові) компетентності	<p>K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.</p> <p>K18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.</p> <p>K19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.</p> <p>K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту</p> <p>K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.</p> <p>K29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.</p>

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Оптика» є володіння базовими знаннями з математики, фізики та хімії згідно програм загальноосвітньої середньої школи, а також опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

- OK 5 Механіка з елементами теорії відносності
- OK 6 Термодинаміка і молекулярна фізика
- OK 7 Електрика і магнетизм
- OK 11 Фізичний практикум (1, 2, 3 частини)
- OK 12 Математичний аналіз (за 1 курс)
- OK 13 Аналітична геометрія і вища алгебра

Вивчення курсу ґрунтується на знаннях, отриманих у курсах загальної фізики, математичної фізики, вищої математики та комп'ютерних інформаційних технологій. Детальне дослідження предметного середовища, яке вивчається у курсі „Оптика” може бути продовжено й поглиблено і інших спецкурсах, а також у процесі виконання науково-дослідних та кваліфікаційних робіт студентів.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика та астрономія», вивчення навчальної дисципліни «Оптика» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПР):

<p>Програмні результати навчання</p>	<p>ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати 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.</p> <p>ПР02. 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.</p> <p>ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.</p> <p>ПР23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.</p>
---	--

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Оптика»:

<p>Очікувані результати навчання:</p>	<p>ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і</p>
--	--

	<p>процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.</p> <p>ПР02. 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.</p> <p>ПР03. Знати основні експериментальні факти на яких базується теорія електромагнетизму, розуміти експериментальні основи фізики – вміти аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати оптичні явища, оцінювати правильність і адекватність розв'язку практичних задач.</p> <p>ПР23. На основі вивчення електромагнітних та оптичних явищ, послідовності створення, розвитку і вдосконалення фізичних теорій, розуміти історію та закономірності розвитку фізики, її зв'язок з технікою і технологіями, зокрема на сучасному етапі.</p>
--	---

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Оптика» є екзамен.

Методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- відповіді і виконання тестів на практичних заняттях;
- виконання індивідуальних завдань (розв'язка задач) самостійної роботи;
- виконання завдань модульних контрольних робіт;
- реферат з відповідями на питання шкільного курсу фізики
- презентація результатів виконання навчально-дослідницької роботи студента (НДРС);
- виступ на науковій конференції студентів фізичного факультету.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- усне опитування та виконання тестових завдань, розв'язування задач, на практичних заняттях;
- виконання завдань самостійної роботи.

Форма модульного контролю: складається з поточного контролю та оцінювання модульної контрольної роботи

Форма підсумкового семестрового контролю: **екзамен.**

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1) (Т1, Т2 ... – теми)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
Т1	Т2	Т3	Т4	60	100
10	10	10	10		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота			Модульна контрольна робота	Сума
Т5	Т6	Т7	70	100
10	10	10		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 3)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	60	100
8	8	8	8	8		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 4)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
Т13	Т14	Т15	Т16	60	100
10	10	10	10		

РЕЙТИНГОВА СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ

1. Рейтинг - це комплексний показник успішності студента, рівня його володіння предметом, який вивчається. Він характеризує не лише глибину та якість знань, але й систематичність роботи студента, його творчість, активність і самостійність.

2. Максимальна сума балів за всі види робіт (практичні, контрольні, самостійне вивчення, колоквиуми, підсумковий екзамен) з курсу становить 100 бали

3. Викладачі можуть встановлювати заохочувальні бали за активну участь в обговоренні теоретичного матеріалу та в розв'язуванні задач, творче виконання завдань, за додаткову індивідуальну роботу, яка сприяє поглибленому вивченню курсу (підготовка рефератів, участь в студентських олімпіадах, наукових конференціях, конкурсах наукових робіт, активна робота в

наукових гуртках, публікація статей), однак загальна сума балів курсу та відповідного фізичного практикуму не може перевищувати максимальну суму балів, визначену в п.2 та п.3.

4. Рейтинг обраховується як сума набраних студентом балів в 4 семестрі (2-го курсу) за різнобічну діяльність в опануванні курсом "Оптика" і відповідним фізичним практикумом, яка виступає чисельним показником якості його роботи у порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

6. Для переводу кількості набраних балів в оцінку ECTS (Європейська система трансферу кредитів) використовують наступну систему:

Шкала ЄКТС	Диференційована шкала	Недиференційована шкала	Мін.бал-макс.бал
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре		82-89
C			74-81
D			64-73
E	Задовільно		60-63
Fx	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F			0-34

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ З КУРСУ «ОПТИКА»

Оцінки “відмінно” (A) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв’язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії.

Оцінки “добре” (B) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив незначні неточності.

Оцінки “добре” (C) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив неточності і помилки.

Оцінки “задовільно” (D) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою

літературою. Як правило, оцінка “задовільно” виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення.

Оцінки “ задовільно” (E) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вмів виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “достатньо” виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

Оцінка “незадовільно” (FX) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань. Студенти, які не з’явилися на екзамен без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

Оцінка “ незадовільно ” (F) виставляється студенту, не виконав повністю план навчальної дисципліни, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією.

Залік з фізичного практикуму виставляється студенту, який повністю виконав всі завдання лабораторних робіт, оформив їх протоколи, виправивши при цьому можливі зауваження керівника заняття і захистив всі передбачені індивідуальним навчальним планом лабораторні роботи.

За результатами рейтингового контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової відмітки “зараховано” або екзаменаційної оцінки (без складання заліку чи іспиту) із відповідною оцінкою за системою ECTS у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці. Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи залік або екзамен.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. Електромагнітна природа світла.

1. **Вступ.** Зміст оптики. Короткий історичний огляд розвитку оптики. Місце оптики в фізичній науці та її роль в науково-технічному прогресі. Характеристика оптичного діапазону електромагнітних хвиль (EMX). Особливості видимого діапазону. Структура плоскої EMX та її комплексна форма. Збіжні та розбіжні сферичні хвилі. Густина потоку енергії та імпульс EMX. Розподіл густини потоку енергії по перерізу пучка. Гаусовий пучок. Густина імпульсу EMX. Тиск світла, його відкриття і прояв. Суперпозиція EMX, її відмінність від суперпозиції полів EMX.
2. **Електромагнітні хвилі.** Фазова і групова швидкості світла у середовищі. Стоячі хвилі. Биття. Експериментальне доведення EM природи світла. Поляризація EMX. Види поляризації. Число незалежних поляризацій. Хвиля з коловою або еліптичною поляризацією, як суперпозиція хвиль з лінійними поляризаціями і лінійно-поляризована хвиля, як суперпозиція хвиль з коловою поляризацією.
3. **Фотометрія.** Основні фотометричні поняття і величини. Співвідношення між енергетичними і світловими характеристиками випромінювання. Крива видимості ока. Фотометрія.
4. **Природне світло. Немонохроматичне і хаотичне випромінювання.** Спектр амплітуд і спектр фаз випромінювання. Співвідношення між тривалістю імпульса і шириною спектра. Природна ширина лінії випромінювання. Лоренцова форма і ширина лінії випромінювання. Час випромінювання. Форма лінії поглинання. Квазімонохроматична хвиля. Розширення спектральних ліній. Однорідні та неоднорідні розширення. Співударне розширення. Доплерівське розширення. Форма складової лінії випромінювання. Модульовані хвилі та

хвильові пакети. Хаотичне світло. Суперпозиція хвиль з випадковими фазами. Довжина і час когерентності.

Модуль 2. Хвильова оптика.

5. **Інтерференція світла.** Двопроменева інтерференція, що здійснюється поділом хвильового фронту. Схема Юнга. Інтерференція при білому світлі. Джерела скінчених розмірів. Часова і просторова когерентності. Кут і ширина когерентності. Зірковий інтерферометр. Вимірювання діаметру зірок. Двопроменева інтерференція, що здійснюється поділом амплітуди. Інтерферометр Майкельсона. Причини розмиття смуг інтерференції. Інтерференція немонохроматичного світла. Видність інтерференційної картини. Інтерферометри Маха-Цендера, Тваймана-Гріна та інші. Багатоприменева інтерференція, що здійснюється поділом амплітуди. Інтерферометри Фабрі-Перо, Люмера-Герке, Жамена та інші. Інтерференція в тонких плівках. Лінії рівного нахилу і рівної товщини. Роль розмірів джерела, товщини плівки і немонохроматичності випромінювання. Кільця Ньютонів. Врахування багаторазових відбивань. Використання явища інтерференції.
6. **Дифракція світла.** Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Графічне обчислення амплітуди. Пляма Пуассона. Дифракція на прямолінійному краї напівнескінченого екрану. Зонна пластинка, як лінза. Труднощі метода зон Френеля. Дифракція Френеля: а) на круглому отворі; б) на круглому екрані; в) на краю напівнескінченого плоского екрану. Дифракція Фраунгофера: а) на щілині; б) на прямокутному та круглому отворах; в) двох щілинах; г) багатьох щілинах. Дифракційна решітка. Фазові та фазово-амплітудні решітки. Похиле падіння променів на решітку. Якісний розгляд дифракції на неперервних періодичних і неперіодичних структурах. Дифракція рентгенівських променів. Дифракція на ультразвукових хвилях.
7. **Основні поняття Фур'є-оптики та голографії.** Лінза, як елемент, що здійснює перетворення Фур'є. Дифракційне утворення зображення лінзою. Межа роздільної здатності оптичних приладів. Метод темного поля. Метод фазового контрасту. Основні поняття про просторову фільтрацію зображень. Фізичні основи методу голографічного запису зображень. Схема запису та відновлення в тонкошарових голограмах. Схеми запису та відновлення в товстошарових голограмах. Одержання кольорових об'ємних зображень. Особливості голограм, як носіїв інформації. Застосування голограм.

Модуль 3. Геометрична оптика.

8. **Поширення, заломлення і відбивання світла на межі ізотропних середовищ.** Поширення світла в діелектриках. Нормальна та аномальна дисперсія світла. Поглинання світла. Відбивання та заломлення світла на межі між діелектриками. Формули Френеля та їх аналіз. Повне відбивання світла. Енергетичні співвідношення при відбиванні та заломленні світла. Світлопроводи. Дифузне відбивання. Поширення світла в провідних середовищах. Комплексна діелектрична проникність. Глибина проникнення. Відбивання світла від поверхні провідника. Металічні дзеркала.
9. **Геометрична оптика і простіші оптичні прилади.** Геометрична оптика, як граничний випадок хвильової оптики. Рівняння ейконала і пояснення напрямку поширення променя в оптично неоднорідних середовищах. Принцип Ферма та його застосування для виведення законів Снеліуса. Заломлення на одній сферичній поверхні. Нульовий інваріант Аббе. Фокуси сферичної поверхні. Система сферичних заломлюючих поверхонь. Тонка лінза. Центрована оптична система та її кардинальні елементи. Побудова зображення в оптичних системах. Аберации оптичних систем (астигматизм, сферична і хроматична аберации, кома, дисторсія). Прості оптичні прилади.
10. **Характеристики спектральних приладів.** Кутова та лінійна дисперсія спектральних приладів. Роздільна здатність спектральних приладів. Дисперсійна область спектральних приладів. Спектральний прилад з прозорою та відбиваючою дифракційними решітками та

їх спектральні характеристики. Інтерференційні спектральні прилади та їх характеристики. Спектральний прилад з призмовою диспергуючою системою. Типи призм. Дисперсія, роздільна здатність та область дисперсії призми. Порівняння характеристик різних спектральних приладів. Роздільна здатність об'єктива телескопа та мікроскопа при когерентному та некогерентному освітленні предмета. Фазова і амплітудна модуляція світлового поля. Електронний мікроскоп.

11. **Поширення світла в анізотропних середовищах.** Опис анізотропних середовищ. Тензор діелектричної проникності. Поширення плоскої ЕМХ в анізотропному середовищі. Залежність променевої швидкості від напрямку поширення. Еліпсоїд променевих швидкостей та аналіз ходу променів з його допомогою. Оптична вісь. Одновісні та двовісні кристали. Подвійне променезаломлення. Звичайний та незвичайний промені. Побудова Гюйгенса для різних випадків заломлення променів на поверхні кристалу. Поляризація при подвійному променезаломленні. Поляріди. Поляризаційні та двоякозаломлюючі призми. Плеохроїзм. Інтерференція поляризованих хвиль при поширенні їх через кристали. Пластинка в четвертину хвилі, півхвилі та одну хвилю. Аналіз стану поляризації світла. Кольори кристалічних пластинок. Явища в збіжних променях. Обертання площини поляризації в кристалічних тілах та аморфних речовинах. Елементарна феноменологічна теорія обертання площини поляризації. Оптична ізомерія. Обертання площини поляризації в магнітному полі. Штучна анізотропія, створювана деформаціями, електричним та магнітним полями (якісний опис).
12. **Розсіювання світла.** Природа процесів розсіювання. Розсіяння Тиндаля. Релєєвське розсіювання та розсіювання Мі (якісний опис закономірностей, кількісні залежності без виведення) Молекулярне розсіяння. Розсіяння світла Мандельштама - Бріллюена та комбінаційне розсіювання світла.

Модуль 4. Квантова оптика.

13. **Генерація світла. Лазери.** Закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Класична теорія випромінювання та її недоліки. Елементарна квантова теорія випромінювання. Спонтанні та вимушені переходи. Коефіцієнти Ейнштейна. Оптичні підсилювачі. Від'ємне поглинання. Інверсна заселеність енергетичних рівнів. Умови підсилення. Вплив світлового потоку на заселеність енергетичних рівнів. Умови насичення. Принципова схема лазера. Поріг генерації та умови стаціонарної генерації. Добротність та методи модульованої добротності. Підвищення потужності генерації випромінювання. Неперервні та імпульсні лазери. Лазерне випромінювання. Моді випромінювання. Поздовжні моді. Ширина ліній випромінювання. Побічні моді. Синхронізація мод. Генерація надкоротких імпульсів. Здійснення синхронізації мод. Лазерні спекли. Характеристики деяких типів лазерів: рубінового, гелій-неонового, CO_2 –лазера. Газодинамічні лазери. Лазери з перетворюваною частотою. Інформація про інші типи лазерів та їх характеристики.
14. **Квантові властивості світла.** Фотоэффект: основні експериментальні закономірності та їх пояснення. Визначення сталої Планка із фотоэффекту. Фотоелектричні приймачі світла (фотоелементи, фотопомножувачі, фотодіоди та електронно-оптичні перетворювачі). Тиск світла з точки зору уявлення про кванти світла. Хімічна дія світла. Люмінесценція, основні закономірності та застосування. Ефект Вавілова-Черенкова.
15. **Нелінійні явища в оптиці.** Джерела нелінійної поляризованості. Квадратична нелінійність та нелінійності більш високих порядків. Генерація гармонік. Хвилі лінійної та нелінійної поляризованості. Умови просторового синхронізму для подвоєння частоти. Здійснення просторового синхронізму. Векторні умови просторового синхронізму. Генерація сумарних та різницевої частот. Спонтанний розпад фотона. Параметричне підсилення світла. Самовплив світла в нелінійному середовищі. Самофокусування та дефокусування пучка.

Довжина самофокусування. Порогова потужність. Основні причини виникнення нелінійності показника заломлення світла.

16. **Оптика рухомих середовищ.** Швидкість світла та методи її вимірювання. Ефект Доплера. Поперечний ефект Доплера в оптичних вимірюваннях. Дослід Фізо і Майкельсона – експериментальна основа спеціальної теорії відносності. Оптичні вимірювання в неінерціальних системах (ефект Саньяка). Принцип дії лазерного гіроскопа. Червоне зміщення в спектрах Галактик.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Усього	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні	Індивідуальна робота студента	Самостійна робота студента
Модуль 1. Електромагнітна природа світла						
1. Вступ. Коротка історія розвитку оптики.	8	2	2			4
2. Електромагнітна природа світла.	8	2	2			4
3. Фотометрія.	8	2	2			4
4. Природне світло. Немонохроматичне і хаотичне випромінювання.	8	2	2			4
Разом за 1 модуль	32	8	8			16
Модуль 2. Хвильова оптика						
5. Інтерференція світла.	10	2	2			6
6. Дифракція світла.	10	2	2			6
7. Фур'є-оптика і елементи голографії.	8	2	2			4
Разом за 2 модуль	28	6	6			16
Модуль 3. Геометрична оптика						
8. Поширення, заломлення і відбивання світла в ізотропних середовищах.	11	4	2			5
9. Геометрична оптика і оптичні прилади. Лінзи.	8	2	2			4
10. Характеристики спектральних приладів.	8	2	2			4
11. Поширення світла в анізотропних середовищах.	8	2	2			4
12. Розсіювання світла.	8	2	2			4
Разом за 3 модуль	43	12	10			21
Модуль 4. Змінне електромагнітне поле						
13. Генерація світла. Лазери.	8	2	2			4
14. Квантові властивості світла.	8	2	2			4
15. Нелінійні явища в оптиці.	8	4	1			4
16. Оптика рухомих середовищ.	8	2	1			4
Разом за 4 модуль	32	10	6			16
Разом за курс	135	36	30			69

6.3. Тематичний план практичних занять

№ п.п	НАЗВА ТЕМИ	К-ть годин
1.	Електромагнітна природа світла.	2
2.	Фотометрія.	2
3.	Поширення світла в ізотропних діелектриках. Фазова і групова швидкості	2
4.	Інтерференція світла.	2
5.	Дифракція світла.	2
6.	Відбивання і заломлення світла на межі діелектриків. Формули Френеля.	2
7.	Геометрична оптика. Тонкі і товсті лінзи. Оптичні прилади.	2
8.	Фур'є – спектроскопія.	2
9.	Нормальна та аномальна дисперсія світла.	2
10.	Поляризація при відбиванні і заломленні світла. Повне відбивання.	2
11.	Спектральні прилади та їх характеристики	2
12.	Оптичні явища в анізотропних кристалах.	4
13	Розсіювання світла.	2
14	Теплове випромінювання.	2
15.	Лазери та нелінійні явища в оптиці	2
Разом		30

6.4. Самостійна робота

№	Назва теми	Годин
1	Електромагнітна природа світла (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	16
2	Хвильова оптика (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	16
3	Геометрична оптика (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	21
4	Змінне електромагнітне поле (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	16
Разом		69

Організація самостійної та індивідуальної роботи студентів

Самостійна робота є складовою частиною вивчення кожної дисципліни. Вона організовується згідно графіка самостійної роботи студентів, де вказується зміст самостійної роботи, та форма контролю.

Самостійна робота студентів при вивченню дисципліни організовується на лекціях та практичних заняттях. Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторному практикумі з курсу «Оптика», де наявне методичне забезпечення курсу.

Для контролю за самостійною роботою з лекційного курсу передбачено колоквиуми, де перевіряється здатність студентів творчо мислити, усно формулювати фізичні положення і твердження.

При самостійній роботі над лекційним курсом рекомендується використати записи лекцій та навчальні посібники, що приводяться в списку літератури. Для зручності використання навчальних посібників студенти повністю забезпечуються розширеною програмою з вказаними розділами і параграфами. Для стимулювання самостійної роботи на лекціях пропонуються домашні завдання, в основному у вигляді вправ, часткових випадків, виводів простих формул, рефератів. Теми рефератів можуть бути загальними або індивідуальними.

При підготовці до практичних занять рекомендується самостійно проробити теоретичний матеріал по темі заняття, попередньо повідомленій студентам, виписати основні формули, проаналізувати наслідки із них. Пропонується виявити спільне, що об'єднує тему, по якій буде проводитися практичне заняття, з попередніми темами. Підготовка до практичних занять передбачає розв'язок задач, заданих на самостійну роботу. Розв'язок задач відіграє важливу роль в процесі вивчення фізики, так як стимулює розвиток логічного і творчого мислення, виробляє навички практичного застосування одержаних знань.

Розв'язок задач потрібно починати з якісного аналізу, з виявлення суті явища, розглядуваного в задачі і проведення аналізу умов, в яких це явище відбувається. Важливим моментом в розв'язку задачі є набір наближення, абстракції, моделі, а також вибір методу розв'язку, що полягає в установленні, якими законами і формулами необхідно користуватися при розв'язку задач.

Розв'язок задач приносить найбільшу користь, якщо він виконаний самостійно. Однак на першому етапі можна користуватися підказкою викладача. Слід мати на увазі, що розв'язок не завжди закінчується успіхом з першого разу, тому приступати до розв'язування задач потрібно завчасно. Провіряти правильність розв'язку в загальному вигляді потрібно, використовуючи правило розмірностей.

Велике значення має аналіз одержаного розв'язку, так як він дозволить зафіксувати в пам'яті нові прийоми, які використовуються для розв'язку задач даного типу і одержані у результаті перебору різних варіантів, виявити частковість або спільність даного розв'язку, установити правдоподібність результату розв'язку, межі його застосування, встановити, як можна ускладнити задачу і намітити шляхи її розв'язку.

При розв'язку задач рекомендується користуватися такими правилами, які витікають із вищевказаного.

1. Записати умову задачі (повністю або скорочено). 2. Зробити аналіз задачі: - що є об'єктом вивчення; встановити, яким фізичним законам підлягають явища або процес, що вивчаються. 3. При можливості зробити рисунок. 4. Розв'язати задачу у загальному випадку. 5.Перевірити розв'язок задачі за розмірністю. 6.Виразити значення фізичних величин, даних в умові задачі, в одній системі одиниць. 7.Обчислити значення шуканої величини. 8.Аналіз розв'язку.

Усні відповіді, результати самостійних і контрольних робіт оцінюються за звичайною бальною системою, яка потім додається і перетворюється в рейтингову.

Підготовка до лабораторних занять, їх виконання, оформлення звітів передбачає велику самостійну роботу як вдома, так і при роботі в лабораторії. Перш ніж приступити до виконання лабораторної роботи, студент повинен підготувати теоретичні питання, які стосуються даної лабораторної роботи по рекомендованій літературі, підготувати в робочому зошиті необхідні таблиці і схеми, знати хід роботи, вивести робочих формул, вміти оцінити похибки вимірювань. Після допуску викладачем до виконання роботи студент повинен чітко вести записи в робочому зошиті і на протязі заняття не тільки виконати вимірювання по лабораторній роботі, але і провести пробні обчислення вимірюваної величини і оцінити похибки вимірювань. У години самопідготовки або в домашніх умовах студент оформляє звіт про виконану роботу і знайомиться з методичними матеріалами по наступній лабораторній роботі, вивчає теоретичний матеріал, готує таблиці і схеми в робочому зошиті, виводить робочі формули і формули для похибок вимірювань, складає програми розрахунків на ЕОМ.

6.5. Орієнтовний перелік тем навчально-дослідницької роботи (НДРС)

- 1.Лауреати Нобелівської премії в галузі оптики.
- 2.Відкриття фотона та квантова природа світла.
- 3 Оптичні властивості рідких кристалів та їх застосування.
- 4.Використання статистичних закономірностей в оптиці..
- 5.Використання законів термодинаміки в теорії теплового випромінювання..
6. Закони збереження в оптичних явищах.
- 7.Нелінійні явища в оптиці..
8. Оптичні методи вимірювання температури.
9. Експериментальне визначення сталої Планка.
- 10.Методи визначення швидкості світла..
11. Фазові переходи і оптичні властивості кристалів.
12. Фотоелектрети, їх структура та застосування.
13. Голографія та її використання і перспективи та їх використання.
14. Особливості поширення світлових хвиль в атмосфері Землі та космосі.

6.6. Перелік завдань лабораторного практикуму з курсу “ОПТИКА”

(Обов'язковими для виконання є 13 робіт)

1. Визначення сили світла лампи розжарення та її питомої потужності. Вивчення світлового поля джерела світла за допомогою фотометра.
2. Визначення фокусних відстаней лінз різними способами.
3. Вивчення аберацій лінз.
4. Вивчення зорової труби і мікроскопа та визначення їх збільшення.
5. Визначення показника заломлення плоскопаралельної пластинки за допомогою мікроскопа та рідин за допомогою рефрактометра.
6. Визначення довжини світлової хвилі за допомогою біпризми Френеля.
7. Визначення радіуса кривизни лінзи і довжини світлової хвилі за допомогою кілець Ньютонів.
8. Визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракції на прямокутній щілині.
9. Градування монохроматора. Вивчення спектрів випромінювання газів та їх якісний аналіз за допомогою спектроскопа.
10. Вивчення поляризації світла: 1. Визначення кута Брюстера. 2. Дослідження характеру поляризованого світла за допомогою стопи Столетова. 3. Перевірка закону Малюса.
11. Вивчення явища обертання площини поляризації світла напівтіньовим методом. Вивчення явища магнітного обертання площини поляризації.
12. Вивчення явища поглинання світла за допомогою фотоколориметра.
13. Визначення випромінювальної здатності вольфраму. Вимірювання температури полум'я методом обертання спектральних ліній.
14. Вивчення роботи газового лазера.
15. Ознайомлення з роботою інтерференційного спектроскопа Фабрі-Перо.
16. Вивчення спектральних характеристик оптичних фільтрів.

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічні засоби навчання; мультимедійний проектор, персональний компютер.

Лекційні демонстраційні досліди.

Дистанційна платформа Moodle.

8. НАВЧАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

БАЗОВА

1. 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. Горбань І.С. Оптика. –К: Вища школа, 1979. –224 с.
2. Горбань І. С. Оптика. – К.: Вища школа, 1979.

3. Білий М.У., Скубенко А.Ф. Загальна фізика. Оптика. – К: Вища школа, 1987. – 376 с.
4. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики, книга 3. – К: Либідь, 2001. — 424 с.
5. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. т.3. Оптика. Квантова фізика. – Київ, Техніка, 1999.
6. Кучерук І.М., Дуценко В.П. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика. – К: Вища школа, 1991. – 464 с.

ДОДАТКОВА

7. Студеняк І.П., Бенца В.М., Коперльос Б.М. Фізичний практикум. Оптика. – Ужгород, 2000 – 108 с.
8. Загальна фізика. Лабораторний практикум. За заг.ред. Горбачука І.Т. – К: Вища школа, 1992. – 510 с.
9. Бенца В.М., Студеняк І.П. Задачі з оптики. Ужгород: УжНУ, 2005. – 192 с.
10. І. П. Пашук, А. С. Волошиновський, В. В. Вістовський. Задачі з оптики – Львів : Львів: ЛНУ, 2020.
11. Загальна фізика. Збірник задач. За заг. ред. Горбачука І.Т. – К: Вища школа, 1993. – 360 с.
12. М. Колінько, І. Пашук, І. Стефанський. Оптичний практикум. Ч.1 та ч. 2. – Львів: ЛНУ, 2000, 2004.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

<http://www.nbuv.gov.ua> (Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського)
<http://www.lib.uzhnu.edu.ua/> (Наукова бібліотека УжНУ)
<http://4uth.gov.ua/> (Державна бібліотека України для юнацтва)
<https://ddru.edu.ua/fizmatzbirnyk/slovniky/sl11.pdf> (М.О. Вакуленко, О.В. Вакуленко. Фізичний тлумачний словник)
<https://www.unian.ua/science> (Новини науки і технологій)
https://www.studmed.ru/cholpan-pp-fzika-pdruchnik_205e71e7ff9.html (Чолпан П.П. Фізика: Підручник Київ, Вища школа, 2003. — 567 с.

VI. ДОДАТКИ

Додаток А

ПЕРЕЛІК ТЕОРЕТИЧНИХ ПИТАНЬ З КУРСУ "ОПТИКА"

Змістовний модуль 1.

1. Зміст оптики. Короткий історичний огляд розвитку оптики. Роль оптики в фізичній науці та техніці. Характеристика оптичного діапазону електромагнітних хвиль (ЕМХ).
2. Структура плоскої ЕМХ та її комплексна форма. Збіжні та розбіжні сферичні хвилі. Густина потоку енергії, імпульс та густина імпульсу ЕМХ. Гаусовий пучок. Біжуча та стояча хвилі.
3. Тиск світла, його відкриття та прояв. Тиск світла з точки зору квантової теорії світла. Поляризація ЕМХ. Види поляризації. Число незалежних поляризацій. Усереднення фізичних величин. Інтервал усереднення.
4. Основні фотометричні величини: світловий потік, сила світла, яскравість, світність, освітленість, інтенсивність, експозиція та їх одиниці. Співвідношення між енергетичними та фотометричними величинами. Крива видимості. Фотометрія.
5. Модульовані хвилі та хвильові пакети. Спектр амплітуд і спектр фаз та частот. Спектр імпульсів випромінювання. Поняття про Фур'є—спектроскопію.
6. Природна ширина лінії випромінювання (класична модель). Лоренцова форма і ширина лінії випромінювання та поглинання.
7. Поширення світла в діелектриках. Фазова і групова швидкості світла в середовищі, зв'язок між ними. Дисперсія світла. Загальне рівняння. Нормальна дисперсія світла. Дисперсія рентгенівських променів та дисперсія світла в іоносфері.
8. Аномальна дисперсія світла. Загальне рівняння. Методи дослідження дисперсії світла. Фізичні причини поглинання світла. Закон Ламберта-Бугера-Бера. Коефіцієнт та показник поглинання. Кольори тіл на пропускання та відбивання.
9. Відбивання і заломлення світла на межі між діелектриками. Граничні умови. Сталість частоти при відбиванні і заломленні світла. Вивід законів Снелліуса .
10. Розклад плоскої хвилі на дві взаємно перпендикулярні поляризації. Вивід формул Френеля. Аналіз формул Френеля. Співвідношення між фазами хвиль при відбиванні і заломленні світла. Коефіцієнти відбивання і пропускання (амплітудні та енергетичні). Нормальне падіння світла та коефіцієнти відбивання і пропускання при цьому.
11. Поляризація відбитої та заломленої хвилі. Ступінь поляризації в залежності від кута падіння та заломлення. Закон Брюстера. Стопа Столетова.
12. Повне відбивання світла. Порушене повне відбивання. Дослідження відбитої хвилі. Застосування повного відбивання (рефрактометрія, волоконна оптика).
13. Поширення світла в провідних середовищах. Комплексна діелектрична проникність. Глибина проникнення. Відбивання світла від поверхні провідника. Металічні дзеркала.

Змістовний модуль 2

14. Двопроменева інтерференція, що здійснюється поділом хвильового фронту. Схема Юнга. Загальна інтерференційна схема. Ширина інтерференційних смуг та контраст інтерференційної картини. Методи одержання когерентних пучків в оптиці.
15. Двопроменева інтерференція, що здійснюється поділом амплітуди. Інтерференція в тонких

плівках. Лінії рівного нахилу та рівної товщини. Кільця Ньютона. Багатопроменева інтерференція, що здійснюється поділом амплітуди. Формули Ейрі та їх аналіз. Інтерферометри. Застосування інтерференції.

16. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Зонна пластинка, як лінза. Дифракція і прямолінійність поширення світла. Дифракція Френеля: а) на круглому отворі; б) на круглому екрані; в) на краю напівнескінченого плоского екрану. Спіраль Корню.
17. Дифракція Фраунгофера: а) на щілині; б) на прямокутному і круглому отворах; в) на двох щілинах; г) багатьох щілинах (решітка). Амплітудні та фазові дифракційні решітки. Дифракція на 2-х і 3-х вимірних періодичних структурах. Дифракція рентгенівських променів. Дифракція на ультразвукових хвилях. Застосування дифракції світла.
18. Кутова та лінійна дисперсія спектральних приладів. Роздільна здатність та дисперсійна область спектральних приладів. Критерій Релея для роздільної здатності. Спектральний прилад з прозорою і відбивною дифракційними решітками та їх спектральні характеристики.
19. Спектральний прилад з призмовою диспергуючою системою. Типи призм та їх спектральні характеристики. Інтерференційні спектральні прилади та їх спектральні характеристики. Прилади високої роздільної здатності. Порівняння характеристик різних спектральних приладів. Роздільна здатність об'єктива телескопа та мікроскопа (при когерентному та некогерентному освітленні предмета). Електронний мікроскоп.
20. Фізичні основи методу голографічного запису зображень. Схема запису та відновлення в тонкошарових голограмах, в товстошарових голограмах Одержання кольорових об'ємних зображень. Особливості голограм, як носіїв інформації.. Застосування голографії.

Змістовний модуль 3

21. Принцип Ферма і його застосування. Поняття про світловий промінь. Заломлення на одній сферичній поверхні. Нульовий інваріант Аббе. Фокуси сферичної поверхні. Формула тонкої лінзи. Фокуси тонкої лінзи. Формула Ньютона. Збільшення лінзи: лінійне поперечне, поздовжнє та кутове. Центрована оптична система та її кардинальні елементи. Товста лінза.
22. Оптичні прилади та хід променів в них: око, як оптична система, лупа, окуляри, фотоапарат, Проекційні пристрої, телескоп, мікроскоп.
23. Аберации оптичних систем (астигматизм, сферична і хроматична аберации, кома, дисторсія).
24. Опис анізотропних середовищ. Тензор діелектричної проникності. Поширення плоскої ЕМХ в анізотропному середовищі. Одновісні та двохвісні кристали. Подвійне променезаломлення і поляризація при цьому. Поляризаційні прилади. Поляроїди. Плеохроїзм. Штучна анізотропія під впливом зовнішніх дій.
25. Аналіз стану поляризації світла. Пластинки в четвертину хвилі, півхвилі та одну хвилю. Компенсатори Бабіне та Солейля. Інтерференція поляризованих променів при поширенні їх через анізотропні кристали. Явища інтерференції в паралельних та збіжних пучках. Кольори кристалічних пластинок.
26. Обертання площини поляризації в кристалічних тілах та аморфних речовинах. Елементарна феноменологічна теорія обертання площини поляризації. Оптична ізомерія. Обертання площини поляризації в магнітному полі
27. Природа процесів розсіювання світла. Релєєвське розсіювання світла та розсіювання Мі (якісний опис). Розсіювання Мандельштама-Бріллюєна та комбінаційне розсіювання світла

Змістовний модуль 4

28. Випромінювання абсолютно чорного тіла. Правило Прево. Закони Кірхгофа, Стефана-Больц

- мана та Віна. Пірометрія. Розподіл енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Формула Релея-Джінса. Проблема “ультрафіолетової катастрофи”. Гіпотеза Планка. Формула Планка. Спонтанні та вимушені переходи. Коефіцієнти Ейнштейна.
29. Оптичні підсилювачі. Поняття про від’ємне поглинання та від’ємну абсолютну температуру. Інверсна заселеність енергетичних рівнів. Умови підсилення. Вплив світлового потоку на заселеність енергетичних рівнів.
 30. Принципова схема лазера. Неперервні та імпульсні лазери. Методи модульованої добротності. Лазерне випромінювання та його властивості. Характеристики деяких типів лазерів.
 31. Джерела нелінійної поляризованості. Квадратична нелінійність та нелінійність більш високих порядків. Генерація гармонік. Умови просторового синхронізму для подвоєння частот. Основні причини виникнення нелінійності показника заломлення. Самовплив світла в нелінійному середовищі. Самофокусування та дефокусування.
 32. Генерація сумарних та різницевих частот. Параметричне підсилення світла. Багатофотонне поглинання світла та багатофотонний фотоефект.
 33. Основні експериментальні закономірності зовнішнього фотоефекту та їх пояснення. Визначення сталої Планка із фотоефекту. Внутрішній фотоефект. Фотоелектричні приймачі світла: фотоелементи, фотопомножувачі, фотодіоди та електронно-оптичні перетворювачі.
 34. Хімічна дія світла. Основні закономірності. Фотохімічні процеси та явища в природі і техніці. Фотосинтез. Фотографічний процес та інші.
 35. Люмінесценція, основні закономірності та застосування. Явище Вавілова-Черенкова та його застосування.
 36. Швидкість світла та методи її вимірювання. Досліди Фізо та Майкельсона – експериментальна основа спеціальної теорії відносності.
 37. Ефект Доплера в оптиці (поздовжній та поперечний). Червоне зміщення в спектрах Галактик. Оптичні вимірювання в неінерціальних системах. Ефект Саньяка. Принцип дії лазерного гіроскопа.

Додаток Б

ПРИКЛАДИ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ ЗА ЗМІСТОВНИМИ МОДУЛЯМИ

КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1

Варіант 1

1. У вакуумі вздовж осі X поширюється плоска електромагнітна хвиля, інтенсивність якої дорівнює 21.2 мкВт/м^2 . Визначити: 1) амплітуду вектора напруженості електричного поля хвилі; 2) амплітуду вектора напруженості магнітного поля; 3) середню в часі густину імпульсу хвилі; 4) тиск на тіло при частковому поглинанні хвилі (коефіцієнт відбивання складає 0.5).
2. Світильник у вигляді кулі з силою світла в 500 кд має діаметр 50 см. Визначити: 1) повний світловий потік, що випромінює світильник; 2) його світність; 3) освітленість, світність і яскравість екрану, на який падає 20% світлового потоку, випромінюваного світильником. Площа екрану складає 0.5 м^2 , а коефіцієнт відбивання світла його поверхнею - 0.7.
3. На поверхню скла падає пучок природнього світла. Кут падіння рівний 45° , а показник заломлення скла – 1.5. Знайти за допомогою формул Френеля: 1) ступінь поляризації відбитого світла; 2) ступінь поляризації заломленого світла; 3) інтенсивність відбитого і заломленого пучків світла, якщо падаючий пучок має інтенсивність I_0 .
4. Оцінити частоту ω_p плазмових коливань електронів в: 1) іоносферному шарі ($n_e \approx 10^{11} \text{ м}^{-3}$); 2) установках по дослідженню керованої термоядерної реакції ($n_e \approx 10^{21} \text{ м}^{-3}$); 3) звичайному металі ($n_e \approx 10^{29} \text{ м}^{-3}$).

Варіант 2

1. В сучасних лазерних установках досягається значення напруженості електричного поля порядку 10^9 В/м. Визначити: 1) амплітуду вектора напруженості магнітного поля; 2) густину енергії та густину імпульсу; 3) інтенсивність лазерного випромінювання.
2. У кінотеатрі на екран розміром 5×4 м² з коефіцієнтом відбивання 0.8 із об'єктива кіноапарата падає світловий потік 2000 лм. Визначити: 1) освітленість кіноекрану; 2) світність кіноекрану; 3) яскравість кіноекрану, для якого виконується закон Ламберта.
3. Пучок природнього світла з інтенсивністю I_0 падає під кутом Брюстера на поверхню скла ($n_1=1.6$), яке перебуває у воді ($n_2=1.3$). Знайти: 1) інтенсивність відбитого пучка; 2) інтенсивність заломленого пучка; 3) ступінь поляризації заломленого пучка світла.
4. Показник заломлення парів йоду n у певному діапазоні довжин хвиль може бути апроксимований виразом $n=a+b\lambda^{-2}+d\lambda^2$ (a, b, d - сталі додатні величини). Визначити: 1) дисперсію речовини; 2) фазову швидкість; 3) групову швидкість хвилі у даному середовищі.

Варіант 3

1. Задано параметри імпульсу, що випромінює рубіновий лазер: тривалість дорівнює 0.1 мс, енергія - 0.3 Дж, діаметр пучка - 5 мм. Визначити: 1) амплітуду вектора напруженості електричного поля в імпульсі; 2) амплітуду вектора напруженості магнітного поля; 3) інтенсивність випромінювання лазера; 4) тиск, який спричинює лазерне випромінювання на повністю поглинаючу площадку.
2. Люмінесцентна циліндрична лампа з діаметром 2.5 см і довжиною 40 см створює на відстані 5 м у напрямку перпендикулярному до осі лампи, освітленість 1 лк. Приймаючи, що випромінювання лампи описується законом Ламберта, визначити: 1) силу світла в даному напрямку; 2) яскравість; 3) світність лампи.
3. На поверхню скла ($n_1=1.5$) під кутом 45° із води ($n_2=1.3$) падає лінійно поляризована хвиля, вектор напруженості електричного поля якої перпендикулярний до площини падіння. Визначити: 1) коефіцієнт відбивання; 2) коефіцієнт пропускання; 3) ступінь поляризації відбитої і заломленої хвиль.
4. Коефіцієнт поглинання води для випромінювання з довжиною хвилі 0.77 мкм дорівнює 2.4 м^{-1} . Визначити: 1) на якій глибині монохроматичний пучок буде ослаблений в 2.7 разів? 2) скільки довжин хвиль вкладається на цій ділянці? 3) на скільки потрібно збільшити яскравість падаючого пучка, щоб змінити товщину шару води з 1 см до 5 см без зменшення яскравості випромінювання, яке виходить з водяного фільтра?

Варіант 4

1. Плоска електромагнітна хвиля поширюється в однорідному та ізотропному середовищі з $\varepsilon=2$ та $\mu=1$. Амплітуда вектора напруженості електричного поля хвилі рівна 12 В/м. Визначити: 1) фазову швидкість хвилі; 2) амплітуду вектора напруженості магнітного поля хвилі; 3) інтенсивність хвилі; 4) середню в часі густину імпульсу хвилі; 5) тиск на тіло при повному поглинанні хвилі.
2. Джерелом світла в кімнаті є білий матовий сферичний плафон з діаметром 10 см з електричною лампою, сила світла якої дорівнює 200 кд. Плафон поглинає 20% світлового потоку, що випромінює електрична лампа. Визначити: 1) повний світловий потік, що випромінює плафон; 2) його яскравість; 3) світність; 4) середню освітленість круглої площадки з діаметром 4 м, якщо плафон перебуває над нею посередині на висоті 3 м.
3. Природній пучок світла падає під кутом Брюстера на межу вакуум-діелектрик ($n=1.7$). Визначити: 1) кути відбивання і заломлення променів; 2) коефіцієнт відбивання; 3) коефіцієнт пропускання.
4. Допустимо, що фазова швидкість світла в деякому середовищі змінюється: а) з частотою світла ω по закону $v=\alpha\omega^{\beta}$, б) з довжиною хвилі λ по закону $v=\beta\lambda^p$ (q, p - числа, менші за одиницю; α, β - константи). Визначити: 1) дисперсію речовини при $q=-1$ і $p=-1$; 2) групову швидкість світла при $q=-2$ і $p=-2$; 3) групову швидкість світла при $q=-1$ і $p=-1$.

Варіант 5

1. У вакуумі вздовж осі X поширюється плоска електромагнітна хвиля i , падаючи по нормалі на поверхню тіла, повністю поглинається. Амплітуда вектора напруженості електричного поля хвилі рівна 2 В/м . Визначити: 1) амплітуду вектора напруженості магнітного поля; 2) інтенсивність хвилі; 3) середню в часі густину імпульсу хвилі; 4) тиск, який хвиля спричинює на тіло.
2. На лист білого паперу розміром $10 \times 25 \text{ см}^2$ нормально до поверхні падає світловий потік в 50 лм . Коефіцієнт розсіювання паперового листа рівний 0.7 . Визначити: 1) освітленість; 2) світність; 3) яскравість листа паперу.
3. Визначити за допомогою формул Френеля: 1) коефіцієнт відбивання природнього світла при нормальному падінні на поверхню скла ($n=1.6$); 2) відносну втрату світлового потоку за рахунок відбивань при проходженні параксіального пучка природнього світла через центровану оптичну систему із 5 скляних лінз (вторинними відбиваннями світла знехтувати); 3) інтенсивність світла на виході оптичної системи, якщо інтенсивність падаючого світла дорівнює I_0 , а показник заломлення скла лінз - 1.5 .
4. Показник заломлення парів йоду n в певному діапазоні довжин хвиль λ можна описати виразом $n=a+b\lambda^2+d\lambda^4$ (a, b, d - сталі додатні величини). Визначити: 1) довжину хвилі λ_{\min} , при якій показник заломлення парів йоду приймає мінімальне значення; 2) фазову і групову швидкості хвилі при $\lambda=\lambda_{\min}$ і пояснити одержаний результат; 3) побудувати графік залежності $n(\lambda)$ поблизу точки $\lambda=\lambda_{\min}$.

Варіант 6

1. Плоска монохроматична хвиля поширюється вздовж осі X . Амплітуда вектора напруженості електричного поля хвилі рівна 5 мВ/м , амплітуда вектора напруженості магнітного поля хвилі - 1 мА/м . Визначити: 1) діелектричну проникність середовища, в якому поширюється хвиля; 2) фазову швидкість хвилі; 3) енергію, яка переноситься хвилею за час $t=10$ хвилин через площадку, розміщену перпендикулярно до осі X , площа поверхні якої дорівнює 15 см^2 (період хвилі $T \ll t$); 4) силу тиску, який хвиля спричинює на дану поверхню при коефіцієнті відбивання рівному 5% .
2. Лампа денного світла потужністю 10 Вт , випромінювання якої описується законом Ламберта, має форму циліндра з діаметром 2.5 см і довжиною 40 см . На відстані 5 м в напрямку, перпендикулярному до осі лампи, освітленість, створювана лампою, рівна 2 лк . Визначити: 1) яскравість; 2) світність; 3) світлову віддачу; 4) ККД лампи денного світла. Вважати, що випромінювання лампи відповідає середній довжині хвилі видимого спектра 550 нм .
3. Вузкий пучок природнього світла падає під кутом Брюстера на стопу Столетова, яка складається із N товстих плоскопаралельних пластин, показник заломлення яких рівний 1.5 . Визначити: 1) ступінь поляризації відбитого світла від стопи; 2) ступінь поляризації пройденого пучка при $N=1, 2, 5, 10$; 3) коефіцієнти відбивання і пропускання при $N=10$.
4. 1) На скільки процентів зменшиться інтенсивність світла при проходженні ним віконного скла з товщиною 4 мм за рахунок: а) поглинання; б) відбивання? Коефіцієнт поглинання скла прийняти рівним 1.23 м^{-1} , а показник заломлення 1.5 . Вторинними відбиваннями світла знехтувати. 2) У скільки разів зменшення інтенсивності за рахунок відбивання перевищує зменшення інтенсивності за рахунок поглинання? 3) Чому дорівнює (у процентах) повне послаблення світла за рахунок поглинання та відбивання?

КОНТРОЛЬНА РОБОТА №2

Варіант 1

1. Радіус кривизни сферичної поверхні скляної ($n=1.5$) плоскоопуклої лінзи рівний 26 см , а її товщина - 3.04 см . Визначити: 1) фокусну відстань лінзи; 2) положення головних та фокальних площин лінзи (зобразити схематично); 3) положення зображення предмета, розміщеного на відстані 75 см від опуклої поверхні лінзи.
2. У досліді Юнга відстань між щілинами дорівнює 1 мм , а відстань від щілин до екрану - 3 м . Визначити: 1) ширину інтерференційних смуг, якщо щілини освітлюються монохроматичним

світлом з довжиною хвилі 0.5 мкм; 2) положення другої світлої смуги; 3) положення третьої темної смуги.

3. Точкове джерело світла (довжина хвилі дорівнює 550 нм), розміщено на відстані 1 м перед непрозорою перешкодою з отвором радіуса 2 мм. Визначити: 1) мінімальне число m_m відкритих зон Френеля, яке може спотерігатися при цих умовах; 2) значення відстані b від перешкоди до точки спостереження, при якій спостерігається мінімально можливе число відкритих зон; 3) радіус отвору, при якому буде відкрита одна центральна зона Френеля.

4. Визначити: 1) дисперсію і роздільну здатність дифракційної ґратки з довжиною 6 мм та періодом 3×10^{-3} мм у спектрі третього порядку для лінії з довжиною хвилі 656.3 нм; 2) кут, який відповідає $\Delta\lambda = 10$ нм; 3) $\delta\lambda$, що відповідає роздільній здатності.

Варіант 2

1. Окуляр мікроскопа дає 5-разове збільшення, об'єтив – 50-разове. Визначити: 1) фокусну відстань окуляра; 2) фокусну відстань об'єктива; 3) збільшення мікроскопа, якщо відстань між об'єктивом і окуляром складає 18 см.

2. На лінзу з показником заломлення 1.58 нормально падає монохроматичне світло з довжиною хвилі 0.55 мкм. Для усунення втрат світла за рахунок відбивання на лінзу наноситься тонка плівка. Визначити: 1) оптимальний показник заломлення плівки; 2) товщину плівки; 3) якою потрібно взяти товщину плівки для “просвітлення” лінзи, якщо на неї буде падати світло з довжиною хвилі 0.76 мкм ?

3. На дифракційну ґратку, що має 500 щілин на 1 мм, нормально падає біле світло. Безпосередньо за ґраткою розміщена лінза з фокусною відстанню 1 м, яка проектує спектр на екран. Діапазон довжин хвиль видимого спектра дорівнює 400-700 нм. Визначити: 1) чи можуть перекриватися спектри першого і другого порядків? 2) у скільки разів спектр другого порядку на екрані довший за спектр першого порядку? 3) яка різниця між кутами відхилення кінця першого і початку другого спектрів?

4. Радіотелескопи для вивчення радіовипромінювання Сонця і Галактик мають малу роздільну здатність із-за великих довжин хвиль радіовипромінювання. 1) Знайти мінімальну роздільну кутову відстань $\delta\varphi$ радіотелескопа з діаметром дзеркала 50 м для довжини хвилі 1 м і 1 см. 2) Оцінити роздільну здатність даного радіотелескопа. 3) Оцінити, якою повинна бути висота нерівностей на поверхні Місяця, щоб їх можна було розділити, якщо відстань до Місяця складає 380000 км.

Варіант 3

1. Лінза дає зображення предмета, зменшене у чотири рази. Не змінюючи відстані між предметом і лінзою, їх занурюють у воду, після чого для одержання чіткого зображення екран потрібно віддалити на 18.75 см. Визначити: 1) фокусну відстань лінзи у повітрі; 2) фокусну відстань лінзи у воді; 3) збільшення зображення предмета для випадку, коли лінза знаходиться у воді. Показник заломлення скла дорівнює 1.5, води – 1.3.

2. При спостереженні кілець Ньютона у відбитому світлі ($\lambda = 450$ нм) за допомогою плоско-опуклої лінзи, яка розміщена на плоскій пластинці, радіус третього світлого кільця рівний 1.06 мм. Після заміни синього світлофільтра на червоний, був виміряний радіус п'ятого світлого кільця, який виявився рівним 1.77 мм. Визначити: 1) радіус кривизни лінзи; 2) довжину хвилі червоного світла; 3) радіус третього світлого кільця для синього фільтра, якщо між лінзою і пластинкою буде рідина з показником заломлення 1.36.

3. Потрібно виготовити зонну пластинку на сферичному дзеркалі. Точка спостереження знаходиться на осі дзеркала на відстані b від дзеркала, а джерело - на відстані a від нього ($a \leq R \leq b$). Визначити: 1) радіус m -зони; 2) положення максимуму нульового порядку для $a = 0.9R$; 3) кількість зображень, що буде давати така пластинка та їх інтенсивність, якщо інтенсивність падаючого на зонну пластинку світла рівна I_0 .

4. В сучасних оптичних мікроскопах апертурний кут досягає найбільшого значення 140° . Знайти межу розділення мікроскопа для таких випадків: 1) для найбільш короткохвильової частини видимого спектра (об'єктів безімерсійний); 2) для довжини хвилі 555 нм, найбільш чутливої до ока; 3) для обох випадків, якщо об'єктів освітлюється похилим пучком світла.

Варіант 4

1. Телескоп складається із двох тонких лінз: передньої збірної і задньої розсіювальної з оптичними силами $+10$ дптр і -10 дптр, відповідно. Визначити: 1) фокусну відстань даної системи лінз, якщо відстань між ними складає 40 см; 2) положення головних площин цієї системи; 3) збільшення телеоб'єктива.

2. Стоячі світлові хвилі утворюються у результаті інтерференції хвилі, що падає на металічне дзеркало, і хвилі, відбитої від дзеркала. Довжина хвилі падаючого світла рівна 410 нм. Визначити: 1) на якій відстані один від одного знаходяться вузли стоячої хвилі; 2) відстань між сусідніми почорніннями на тонкій фотографічній пластинці, розміщеній під кутом 10° до дзеркала; 3) як зміняться відповіді у п.1 і п.2, якщо довжина хвилі падаючого світла буде рівною 760 нм ?

3. На межі тіні, що утворюється від півплощини на екрані, спостерігається система дифракційних смуг. Відстань між півплощиною і екраном дорівнює 20 см, інтенсивність падаючої хвилі - 100 лм/м^2 , довжина хвилі - 580 нм. Визначити: 1) інтенсивність I-го дифракційного максимуму; 2) інтенсивність слідуючого за ним I-го мінімуму, відношення інтенсивності в максимумі до інтенсивності в мінімумі; 3) наближені значення, відраховані від краю геометричної тіні, координати для середини I-их максимуму і мінімуму.

4. 1) Для випадку, коли світло падає на дифракційну ґратку нормально, одержати точний вираз для лінійної дисперсії D_l ґратки в залежності від довжини хвилі λ . 2) Взявши період ґратки рівним 1000 нм, а фокусну відстань лінзи - 1 м, визначити по одержаній формулі лінійну дисперсію у спектрі I-го порядку в околі довжин хвиль 400 нм, 580 нм, 760 нм. 3) Порівняти одержані результати із значеннями D_l , розрахованими по наближеній формулі $D_l \approx mf/d$, де m - порядок спектра, f - фокусна відстань лінзи, d - період ґратки.

Варіант 5

1. Заломлюючі поверхні лінзи є сферичними поверхнями, більший радіус кривизни якої R , товщина лінзи d , показник заломлення $n > 1$. Визначити: 1) фокусну відстань лінзи; 2) положення головних і фокальних площин (зобразити схематично); 3) збіркою чи розсіювальною буде лінза?

2. Знайти для еталона Фабрі-Перо, віддаль між пластинками якого дорівнює 2.5 см: 1) максимальний порядок інтерференції світла з довжиною хвилі 0.50 мкм; 2) дисперсійну область $\Delta\lambda$, якщо спостереження ведеться поблизу довжини хвилі 0.50 мкм; 3) радіус 3-го світлого кільця, якщо інтерференційна картина проектується на екран лінзою з фокусною відстанню 10 см.

3. Інтенсивність, створювана на екрані деякою монохроматичною світловою хвилею у відсутності перешкод, рівна I_0 . Якою буде інтенсивність I в центрі дифракційної картини, якщо на шляху хвилі поставити перешкоду з круглим отвором, який відкриває: 1) I-шу зону Френеля; 2) половину I-ої зони Френеля; 3) півтори зони Френеля, третину I-ої зони Френеля.

4. Кут, під яким промені від об'єкта попадають на об'єктів мікроскопа, можна вважати рівним 90° (апертурний кут), а довжину хвилі вважати рівною 550 нм. Визначити: 1) найменшу відстань між точками об'єкта, розглядуваного під мікроскопом; 2) зміну числової апертури об'єктива, якщо простір між ним і об'єктивом заповнити імерсійною рідиною з показником заломлення 1.5; 3) найменшу відстань між двома точками, розділеними імерсійним об'єктивом.

Варіант 6

1. Коли Марс знаходиться у положенні "великого протистояння", телескоп із 75-кратним збільшенням дозволяє спостерігати диск Марса під таким же кутом, під яким ми бачимо Місяць неозброєним оком ($31'$). Визначити: 1) кутовий розмір Марса; 2) відстань від Землі до Марса при "великому протистоянні" Марса (діаметр Марса дорівнює 6700 км); 3) фокусну відстань об'єктива, якщо фокусна відстань окуляра складає 10 см.

2. На скляній пластинці розміщено випуклою стороною плоско-опуклу лінзу. При нормальному падінні на плоску сторону лінзи червоного світла (610 нм) радіус 5-го світлого кільця Ньютона виявився рівним 5 мм. Визначити: 1) радіус кривизни опуклої поверхні лінзи; 2) оптичну силу лінзи (показник заломлення лінзи рівний 1.5; лінзу вважати тонкою); 3) радіус 3-го світлого кільця.

3. Плоска світлова хвиля падає нормально на непрозору плоску перешкоду, в якій є щілина з шириною 0.2 мм. За перешкодою на відстані 1 м від неї, розміщено екран. Довжина хвилі дорівнює 500 нм, а показник заломлення середовища в щілині - 1. Хвильові поверхні, перешкода і екран паралельні між собою; умова когерентності виконується. Визначити: 1) який вид дифракційної картини спостерігається у цьому випадку? 2) ширину a_0 центрального дифракційного максимуму; 3) відстань a_{12} між серединами 1-го і 2-го дифракційних максимумів.

4. На дифракційну ґратку з періодом 2500 нм падає під кутом 20° до нормалі світло з довжиною хвилі 600 нм. Приймаючи кути, відраховані від нормалі проти годинникової стрілки, позитивними, а по годинниковій стрілці – негативними: 1) одержати формулу, що визначає кутове положення головних максимумів; 2) знайти: а) кут φ , під яким спостерігається центральний (нульовий) максимум; б) кути φ_+ та φ_- , під якими спостерігається відповідно додатні та від’ємні максимуми; в) числа m_+ та m_- спостережуваних додатніх та від’ємних максимумів; 3) порівняти повне число максимумів з числом максимумів, які одержуються при нормальному падінні світла на ґратку.

КОНТРОЛЬНА РОБОТА №3

Варіант 1

1. Пучок природнього світла, довжина хвилі якого у вакуумі дорівнює 589 нм, падає нормально на пластинку ісландського шпату, вирізану паралельно до оптичної осі. Товщина пластинки складає 0.03 мм, показник заломлення для звичайного променя - 1.658, а незвичайного - 1.486. Визначити: 1) довжину хвилі звичайного і незвичайного променів у кристалі; 2) різницю ходу променів, що пройшли через пластинку; 3) найменшу товщину пластинки, при якій вона буде “пластинкою в четвертину хвилі”.

2. Порожнина з об’ємом 1 л заповнена тепловим випромінюванням при температурі 1000 К. Визначити: 1) довжину хвилі, яка відповідає максимуму випромінювальної здатності; 2) теплоємність; 3) ентропію цього випромінювання.

3. “Червоної межі” фотоefекту для алюмінію відповідає довжина хвилі 332 нм. Визначити: 1) роботу виходу електрона для алюмінію; 2) довжину світлової хвилі, при якій затримуючий потенціал рівний 1 В; 3) швидкість фотоелектронів при опроміненні алюмінію світловою хвилею з довжиною, визначеною в п.2.

4. Для атомів водню з кінетичною енергією 4×10^6 еВ, які випромінюють, визначити: 1) максимальне доплерівське зміщення $\Delta\lambda$ для лінії з довжиною хвилі 486.1 нм; 2) поперечне доплерівське зміщення $\delta\lambda$ даної лінії; 3) відношення $\Delta\lambda/\delta\lambda$.

Варіант 2

1. Постійна Керра для нітробензолу при довжині хвилі монохроматичного світла 589 нм і температурі 20°C рівна $2.2 \times 10^{-5} \text{ г}^{-1}\text{с}^2$. Визначити: 1) різницю потенціалів, яку необхідно прикласти до конденсатора з довжиною пластин 20 см і відстанню між ними 1 мм, щоб різниця ходу звичайного і незвичайного променів була рівна $\lambda/4$; 2) якою буде різниця показників заломлення при цьому? 3) якою буде різниця фаз звичайного і незвичайного променів?

2. Приймаючи Сонце за чорне тіло і враховуючи, що його максимальній густині енергетичної світності відповідає довжина хвилі 500 нм, визначити: 1) температуру поверхні Сонця; 2) енергію, випромінювану Сонцем у вигляді електромагнітної хвилі за 10 хвилин; 3) масу, яку втрачає Сонце за цей час за рахунок випромінювання. Радіус Сонця дорівнює 6.95×10^8 м.

3. “Червона межа” фотоефекту для металу рівна 10^{15} Гц. Метал опромінюється монохроматичним світлом. Затримуюча різниця потенціалів становить 4 В. Визначити: 1) роботу виходу електронів з металу; 2) частоту світла, яким опромінювався метал; 3) швидкість та імпульс фотоелектронів.
4. 1) З якою швидкістю рухається зірка відносно Землі, якщо лінія кальція (422.6 нм) в спектрі зірки зміщена на 0.1 нм до червоного кінця спектра. 2) Збільшується або зменшується відстань між даною зіркою і Землею? 3) На скільки буде зміщена лінія водню (656.3 нм) в спектрі даної зірки?

Варіант 3

1. Поляризатор та аналізатор розміщені так, що кут між площинами коливань складає 60° . 1) У скільки разів зменшиться інтенсивність світла при проходженні через поляризатор? При проходженні поляризатора та аналізатора (кожного окремо) втрати на відбивання і поглинання світла становлять 5%. 2) У скільки разів зменшиться інтенсивність світла при проходженні через поляризатор та аналізатор? 3) При якому положенні поляризатора та аналізатора пройдена інтенсивність світла буде максимальною? Мінімальною?
2. Визначити масу, енергію та імпульс фотонів випромінювання: 1) червоного (700 нм); 2) фіолетового (400 нм); 3) рентгенівського (0.5×10^{-10} м).
3. Визначити довжину хвилі “червоної межі” фотоефекту для: 1) цезію (робота виходу дорівнює 1.9 eV); 2) міді (робота виходу - 4.5 eV); 3) до якої області спектра електромагнітного випромінювання належать ці довжини хвиль?
4. Визначити: 1) довжину хвилі, яку зареєструє приймач спостерігача, якщо джерело монохроматичного світла з довжиною хвилі 0.5 мкм рухається по напрямку до спостерігача з швидкістю $0.15c$ (c - швидкість світла у вакуумі); 2) швидкість, при якій червоне світло (690 нм) буде здаватися зеленим (530 нм); 3) швидкість віддалення туманності, якщо лінія випромінювання водню (656.3 нм) в спектрі зміщена в червону область на $\Delta\lambda=2.5$ нм.

Варіант 4

1. Кут між головними площинами пропускання поляризатора та аналізатора становить 60° . На поляризатор падає неполяризоване світло інтенсивності I_0 . 1) У скільки разів зміниться інтенсивність світла, що виходить з аналізатора, якщо кут зменшити до 30° ? 2) У скільки разів послаблюється світло, що проходить через поляризатор та аналізатор, якщо в кожному з них втрачається 10% падаючого на них світлового потоку? 3) До поляризатора та аналізатора додається ще один поляризатор, головна площина якого збігається з напрямом головної площини першого, а коефіцієнт пропускання кожного з них складає 90%. У скільки разів послаблюється світло, що проходить через цю систему?
2. Якій довжині хвилі відповідає максимум спектральної густини енергетичної світності наступних джерел теплового випромінювання: 1) тіло людини з температурою поверхні шкіри 30° С; 2) спіраль електричної лампи ($T=2000$ К); 3) поверхня Сонця ($T=5800$ К); 4) атомна бомба, що має в момент вибуху $T \approx 10^7$ К. Випромінюючі тіла вважати чорними.
3. У вакуумі поширюється плоска монохроматична світлова хвиля, рівняння якої має вигляд $\vec{E}(r, t) = \vec{E}_0 \cos[\omega t - (\vec{k}\vec{r})]$. Виразити через параметри хвилі: 1) енергію та імпульс фотона; 2) концентрацію фотонів у хвилі; 3) якому діапазону довжин хвиль електромагнітного випромінювання належить фотон, імпульс якого дорівнює імпульсу молекули водню при температурі 300 К (маса молекули водню 2.4×10^{-27} кг)?
4. Якою спостерігається відносна зміна частоти $\Delta\omega/\omega$ випромінюваної атомом світлової хвилі, якщо атом: 1) наближається до спектрографа; 2) віддаляється від спектрографа зі швидкістю v , яка рівна середній швидкості теплового руху атомів при температурі T (маса атому m); 3) наближається під кутом 10° до осі спектрографа?

Варіант 5

1. Пластинка товщиною d , яка вирізана із одновісного кристалу так, що її поверхня паралельна до оптичної осі, розміщена між поляризатором та аналізатором. Оптична вісь пластинки складає кут φ з площиною поляризатора, на який падає хвиля природнього світла з довжиною λ та інтенсивністю I_0 . 1) Знайти вираз для інтенсивності пройденної хвилі I у випадку: а) схрещених поляризатора та аналізатора; б) паралельних поляризатора та аналізатора. 2) Вивести співвідношення, при виконанні яких інтенсивність пройденної хвилі у випадку схрещених поляризатора та аналізатора: а) максимальна; б) мінімальна. Чому рівні I_{\max} та I_{\min} ? 3) Вивести співвідношення, при виконанні яких інтенсивність пройденної хвилі у випадку паралельних поляризатора та аналізатора: а) максимальна; б) мінімальна. Чому рівні I_{\max} та I_{\min} ?
2. Температура “голубої” зірки рівна 3000 К. Визначити: 1) енергетичну світність випромінювання R_e ; 2) довжину хвилі λ_m , що відповідає максимуму випромінювання; 3) енергетичну світність ΔR_e , що відповідає вузькому інтервалу довжин хвиль $\Delta\lambda=1$ нм в області максимуму спектральної густини енергетичної світності.
3. Тиск p монохроматичного світла з довжиною хвилі 500 нм на чорну поверхню, розміщену перпендикулярно до падаючого випромінювання, складає 0.1 мкПа. Визначити: 1) концентрацію n фотонів у світловому пучку; 2) число фотонів, що падають щосекунди на 1 м² поверхні; 3) зміну імпульсу фотона при поглинанні чорною поверхнею та при відбиванні від ідеальної дзеркальної поверхні.
4. Визначити: 1) яка кінетична енергія повинна бути надана міжзірковому космічному кораблю з масою 1×10^4 кг, щоб його годинник після повернення на Землю показував вдвоє менший час, ніж годинник на Землі? 2) Скільки тон урану повинно прореагувати, щоб виділилася така кількість енергії? При поділі одного атома урану виділяється енергія 170 МеВ. 3) Яку швидкість v буде мати корабель при такій кінетичній енергії?

Варіант 6

1. В установці для спостереження ефекту Керра в нітробензолі до конденсатора з довжиною пластин 5 см і відстанню між ними 2 мм прикладена різниця потенціалів 1200 В. Визначити: 1) різницю показників заломлення звичайного і незвичайного променів для монохроматичного світла з довжиною хвилі 589 нм; 2) різницю фаз між звичайним і незвичайним променями на відстані l ; 3) різницю ходу між звичайним і незвичайним променями. Постійна Керра для даної довжини хвилі при температурі 20⁰С рівна 2.2×10^{-5} г⁻¹с².
2. Система, яка складається із атомів, що мають два невиводжені рівні (стани) енергії E_1 і $E_2 > E_1$, знаходиться у тепловій рівновазі. 1) Виразити коефіцієнт поглинання $k_n(T)$ світла даної системи на частоті $\omega = (E_2 - E_1) / \hbar$ через його значення $k_n(0)$ при $T=0$. 2) Розглянути випадок, коли $k_B T \gg \hbar \omega$. 3) Розглянути випадок, коли $k_B T \ll \hbar \omega$.
3. Як зміниться вигляд вольт-амперної характеристики фотоелемента, якщо: 1) при незмінному спектральному складові хвилі збільшиться у два рази її повний світловий потік; 2) при незмінному потокові фотонів збільшиться у два рази частота падаючого монохроматичного світла; 3) при незмінному світловому потокові зменшиться у два рази частота монохроматичного світла. Вважати, що квантовий вихід фотоелемента залишається у всіх випадках незмінним.
4. Визначити групову швидкість u для різних законів дисперсії (v - фазова швидкість): 1) $v = a\sqrt{\lambda}$; 2) $v = a / \sqrt[3]{\lambda}$; 3) $v = a/\lambda$; 4) $v = \sqrt{c^2 + b^2 \lambda^2}$, де a, b - сталі величини, c - швидкість світла у вакуумі, λ - довжина хвилі в середовищі.

Додаток В

Орієнтовний перелік тем навчально-дослідницької роботи

1. Лауреати Нобелівської премії в галузі оптики.
2. Відкриття фотона та квантова природа світла.
3. Оптичні властивості рідких кристалів та їх застосування.
4. Використання статистичних закономірностей в оптиці..
5. Використання законів термодинаміки в теорії теплового випромінювання..
6. Закони збереження в оптичних явищах.
7. Нелінійні явища в оптиці..
8. Оптичні методи вимірювання температури.
9. Експериментальне визначення сталої Планка.
10. Методи визначення швидкості світла..
11. Фазові переходи і оптичні властивості кристалів.
12. Фотоелектрети, їх структура та застосування.
13. Голографія та її використання і перспективи та їх використання.
14. Особливості поширення світлових хвиль в атмосфері Землі та космосі.

Додаток Г

Анотація дисципліни "Оптика"

Курс "Оптика" є одним із п'яти основних розділів загальної фізики. Головним завданням цього курсу є створення фундаментальної бази знань, на основі якої надалі можна розвивати більш поглиблене і деталізоване вивчення інших розділів фізики в рамках курсів з теоретичної фізики та спеціалізованих курсів, що формує основні вимоги до курсу.

Перша з вимог до курсу оптики полягає у його світоглядній і методологічній спрямованості. При викладі даного курсу необхідно сформулювати в студентів єдину, струнку, логічно несуперечливу фізичну картину оптичних явищ і процесів у природі, що знаходиться у тісному взаємозв'язку зі знаннями, засвоєними при вивченні попередніх розділів загальної фізики. Формування такої системи знань у студентів відбувається поетапно, шляхом узагальнення експериментальних даних та побудови на їх основі фізичних моделей спостережуваних явищ. При цьому важливим моментом є строге обґрунтування наближень, у межах яких використання даних моделей є справедливим.

Друга вимога полягає в необхідності розглянути основні оптичні явища, встановити зв'язок між оптичними та електромагнітними явищами, вивести основні закони і отримати їх у вигляді математичних рівнянь, спочатку в рамках єдиного підходу класичної (доквантової) фізики. Саме в курсі оптики виникають теми та задачі, котрі не можуть бути вирішені в рамках класичної теорії та вказують на її обмеження, але можуть бути інтерпретовані на основі квантових уявлень про природу світла та механізми його взаємодії з речовиною. Саме ці нові знання мають скласти методологічну основу для вивчення подальших курсів, зокрема атомної фізики та квантової механіки.

Третя вимога пов'язана з необхідністю навчити студентів основам постановки і проведення оптичного експерименту з наступним аналізом і оцінкою отриманих результатів.

Основною формою викладення матеріалу курсу є лекції. Як правило, на лекції виносяться основна частина матеріалу (80% - 95%), викладеного в програмі курсу. інша частина матеріалу (5% - 20%) виносяться для самостійного вивчення студентами на основі рекомендованої літератури та методичних розробок.

На практичних заняттях основна увага приділяється розв'язанню задач (кількісних та якісних), що має сприяти як глибокому розумінню матеріалу, фізичної природи розглядуваних явищ, так і навичкам кількісних оцінок та розрахунків. Для закріплення матеріалу, розглянутого на семінарах, студенти отримують домашні завдання у вигляді задач. Окремі важливі розділи програми курсу виносяться на семінарські заняття, де розглядаються теоретичні питання, що потребують досить складних математичних викладок, а також різні методи розв'язання задач. При цьому важливо навчити студентів отримувати кількісні розв'язки конкретних задач з необхідним ступенем точності.

Невід'ємною частиною курсу "Оптика" є фізичний практикум. Його головні завдання є наступні.

1. Ознайомити студентів з принципами роботи та використанням оптичних та вимірвальних приладів, з основними методами оптичних вимірювань та обробки фізичної інформації, а також з основними елементами техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень.

2. Навчити застосовувати теоретичний матеріал для аналізу конкретних оптичних явищ, експериментально вивчити їх основні закономірності, оцінити порядки досліджуваних величин, визначити точність отриманих результатів.

Частина лабораторних робіт курсу присвячена експериментальному вивченню явищ, які теоретично розглядалися на лекціях. Загальне число лабораторних робіт, що повинен виконати студент, визначається відповідно до навчального плану.

Таким чином, курс оптики є однією з базових дисциплін в професійній освіті фахівця – фізика. Знання основ оптики дає можливість свідомо та якісно засвоїти знання загально-теоретичних та спеціальних фізичних дисциплін, які лежать в основі освіти сучасного фахівця у галузі прикладної фізики та наукоємних фізичних технологій.

При вивченні цього розділу використовується матеріал, що вже вивчався студентами протягом перших трьох семестрів (механіка, молекулярна фізика, електрика та магнетизм). З іншого боку, курс оптики є основою для вивчення інших розділів загальної фізики, таких як атомна та ядерна фізика.

Вивчення курсу оптики неможливе без відповідного математичного апарату, який включає математичний аналіз, аналітичну геометрію та векторну алгебру. При вивченні даного курсу закріплюється та розвивається використання математичного апарату для дослідження фізичних процесів, що мають місце в електричних та магнітних явищах. Знання фізичних законів, що лежать в основі електричних та магнітних явищ, дає можливість сформувати науковий світогляд сучасного фахівця у нових галузях прикладної фізики.

В результаті вивчення курсу студенти повинні:

- знати основні закономірності оптичних явищ, зокрема:

Основні закони променевої оптики, основи побудови та параметрів якості оптичних приладів, основні положення хвильової оптики, зокрема різні прояви явищ інтерференції та дифракції оптичних хвиль, основні види спектральних та інших оптичних приладів на їх основі, зв'язок оптики і електромагнітної теорії (через рівняння Максвелла), теорію поглинання та дисперсії світла на основі моделі Друде-Лоренца, поняття про природу явищ та основні ефекти нелінійної оптики, знання про основні види взаємодії світла з речовиною (розсіяння світла, люмінесценція, фотоефект тощо), природу процесів випромінювання світла, а також поняття про лазерну генерацію світла.

- вміти узагальнювати і математично формулювати, встановлені в експерименті закономірності, вміти їх отримувати, осмислювати і застосовувати як інструмент дослідження, зокрема: будувати хід променів у оптичних системах, розраховувати розподіл інтенсивності світла в задачах дифракції та інтерференції, обраховувати експерименти з використанням різних оптичних та спектральних приладів.

Результати перегляду

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)