

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра фізики напівпровідників**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
В. о. декана фізичного факультету  
Володимир ЛАЗУР  
\_\_\_\_\_ 2025 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА (ОПТИКА)»**

Рівень вищої освіти	<b>перший (бакалаврський)</b>
Галузь знань	<b>A Освіта</b>
Спеціальність	<b>A4 Середня освіта (за предметними спеціальностями)</b>
Предметна спеціальність	<b>A4.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)</b>
Освітня програма	<b>Фізика. Інформатика</b>
Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород 2025**

Робоча програма навчальної дисципліни «Загальна фізика (Оптика)» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань А Освіта, спеціальності А4 Середня освіта, предметної спеціальності А4.08 Середня освіта (Фізика та астрономія), освітньої програми «Фізика. Інформатика».

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


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
фізики напівпровідників

протокол № 10 від « 13 » 06 2025 р.

Завідувач кафедри  Юліан ВИСОЧАНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 9 від « 30 » 06 2025 р.

Голова науково-методичної комісії  Василь РУБИШ

**ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«Загальна фізика (Оптика)»**

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС –6	Рік підготовки:
Загальна кількість годин - 180	2-й
Кількість модулів - 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 5	4-й
	Лекції
	26
	Практичні, семінарські
	20
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні
	44
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота
	90

**2. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Навчальна дисципліна «Загальна фізика (Оптика)» є обов'язковою компонентою циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів предметної спеціальності **A4.08 Середня освіта. Фізика та астрономія.**

**Метою** вивчення курсу є:

- оволодіння студентами основними фундаментальними уявленнями по курсу “Загальна фізика (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 "Загальна фізика (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.

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

**Метою проведення лабораторних занять є:**

- поглиблення теоретичних знань студентів, формування розуміння ролі експерименту в фізичній науці;
- широке і поглиблене знайомство з матеріальними засобами вимірювань у фізиці;
- засвоєння основних принципів і методів вимірювань у фізиці, культури проведення експериментів;
- розвиток спостережливості, конструктивного мислення, активізація самостійності у роботі;
- формування експериментаторської компетентності майбутніх фахівців;
- залучення студентів до самостійної навчально-дослідницької роботи.

Виконання лабораторних робіт з курсу загальної фізики передбачає формування у студентів таких експериментаторських навичок:

- а) *планування експерименту*, тобто формулювання його мети, визначати експериментальний метод і давати йому теоретичне обґрунтування, складати план досліду й визначати найкращі умови для його проведення, обирати оптимальні значення вимірюваних величин та умови спостережень, враховуючи наявні експериментальні засоби;
- б) *підготовка експерименту*, тобто обирати необхідне обладнання й вимірювальні прилади, збирати дослідні установки чи моделі, раціонально розташовувати прилади, досягаючи безпечного проведення досліду;
- в) *визначення мети й об'єкту спостереження*, встановлення характерних ознак перебігу фізичних явищ і процесів, виділяти їхні суттєві ознаки;
- г) *уміння вимірювати фізичні величини*, користуючись різними вимірювальними приладами та мірками, визначати ціну поділки шкали приладу, знімати покази приладу;
- г) *уміння обробляти результати експерименту*, обчислювати значення величин, знаходити похибки вимірювань, складати таблиці одержаних даних, готувати звіт про проведену роботу, записувати значення фізичних величин у стандартизованому вигляді тощо;
- д) *уміння інтерпретувати результати експерименту*, описувати спостережувані явища й процеси, застосовуючи фізичну термінологію, подавати результати у вигляді формул і рівнянь,

встановлювати функціональні залежності, будувати графіки, робити висновки про здійснене дослідження відповідно до поставленої мети.

У результаті проведення лабораторних занять студенти повинні:

**знати:**

- методи емпіричного пізнання об’єктивної дійсності,
- сутність і методи реалізації експерименту;
- фізичні величини, їх класифікацію; одиниці фізичних величин, їх класифікацію;
- основні методи вимірювань у фізиці;
- характер зміни похибок вимірювань і методи їх оцінок;
- основні правила виконання математичних операцій з наближеними числами;
- основні правила графічного подання результатів експерименту;
- вимоги до питань охорони праці і техніки безпеки під час роботи у фізичних лабораторіях вищого навчального закладу;

**вміти:**

- провести оцінки і реалізувати оптимальні умови проведення фізичного експерименту, виконання лабораторної роботи;
- виконати оцінки похибок результатів експерименту; графічно подати результати експерименту;
- скласти коротке резюме по кожному завданню та в цілому про виконану лабораторну роботу;
- провести аналіз виконання лабораторної роботи, написати звіт та висновки про її результати;
- дати характеристику сучасного фізичного обладнання та приладів; користуватися довідковою літературою;
- забезпечувати безпечне виконання завдань лабораторних робіт і фізичних практикумів.

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

<b>Програмні компетентності</b>	
<b>Інтегральна компетентність (ІК)</b>	
Здатність розв’язувати спеціалізовані практичні завдання в освітній галузі, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, предметних знань, інтеграції професійних та науково-дослідницьких знань з фізики та астрономії і інформатики, методики їх навчання і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти.	
<b>Загальні компетентності (ЗК)</b>	
<b>ЗК1</b>	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, до застосування знань у практичних ситуаціях
<b>ЗК2</b>	Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.
<b>ЗК4</b>	Здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук і критично оцінювати інформацію, оперувати нею в професійній діяльності.
<b>ЗК12</b>	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
<b>Фахові компетентності спеціальності (ФК)</b>	
<b>ФК1</b>	Здатність перенесення системи наукових знань у професійну діяльність та в площину навчального предмету.
<b>ФК4</b>	Здатність формувати і розвивати в здобувачів освіти ключові компетентності і наскрізні вміння, визначені державними стандартами освіти; здійснювати інтегроване навчання здобувачів освіти; добирати і використовувати сучасні й ефективні методики і технології навчання, виховання й розвитку здобувачів освіти; формувати ціннісні ставлення в здобувачів освіти, розвивати критичне мислення.

<b>Фахові (предметні) компетентності</b>	
<b>ПК1</b>	Здатність пояснювати природні явища і технологічні процеси на основі фізичних законів, теорій, концепцій із застосуванням відповідних математичних методів і комп'ютерних моделей.
<b>ПК2</b>	Здатність організовувати та здійснювати дослідницьку діяльність та формулювати доказові висновки на основі отриманої інформації.
<b>ПК3</b>	Здатність виокремлювати істотні ознаки основних одиниць навчального змісту курсу фізики: фізичного явища, величини, закону, фізичної теорії, фундаментального фізичного експерименту, фізичного приладу, технічного пристрою та моделі; обґрунтовано обирати та застосовувати методи й засоби навчання, відповідний дидактичний матеріал для їх пояснення.
<b>ПК4</b>	Здатність планувати, організовувати та здійснювати навчальний фізичний експеримент відповідно до методики і техніки проведення.
<b>ПК5</b>	Здатність розв'язувати задачі з фізики й астрономії різного рівня складності та навчати учнів їх розв'язуванню раціональними методами.

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

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

Математичний аналіз

Аналітична геометрія і вища алгебра

Загальна фізика (Фізичні основи механіки)

Загальна фізика (Молекулярна фізика)

Загальна фізика (Електрика і магнетизм)

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика. Інформатика», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

<b>Програмні результати навчання</b>	
<i>Програмні результати навчання (РН), спільні для всіх предметних спеціальностей</i>	
<b>РН 7</b>	Демонструє знання основ фундаментальних і прикладних наук (відповідно до предметної спеціальності), оперує базовими категоріями та поняттями предметної області спеціальності.
<b>РН 9</b>	Застосовує сучасні інформаційно-комунікаційні та цифрові технології у професійній діяльності.
<b>РН 10</b>	Демонструє володіння сучасними технологіями пошуку наукової інформації для самоосвіти та застосування її у професійній діяльності.
<i>Програмні результати навчання для предметних спеціальностей (ПРН)</i>	
<b>ПРН 1</b>	Класифікує і пояснює основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження фізики, астрономії та методики їх навчання, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку.
<b>ПРН 2</b>	Аналізує фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.

<b>ПРН 3</b>	Здійснює експериментальну діяльність з фізики, організовує та проводить фізичний експеримент в освітньому процесі.
<b>ПРН 4</b>	Демонструє вміння розв'язувати типові задачі з різних розділів фізики та астрономії, чітко й раціонально пояснює їх розв'язки
<b>ПРН 5</b>	Визначає, оцінює та інтерпретує зміст і особливості різних видів позакласної та позашкільної роботи з фізики та астрономії, застосовує сучасні методи й технології їх організації та проведення.
<b>ПРН 6</b>	Демонструє володіння основами наукових досліджень; організовує навчально-дослідницьку діяльність учнів.

## **5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

### **Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Загальна фізика (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;
- підготовка до виконання лабораторної роботи у робочому зошиті;
- відповіді і виконання тестів при допуску до виконання роботи на лабораторних заняттях;
- чітке виконання вимірювань; записів у таблицях з вказанням розмірностей фізичних величин і оцінкою похибок;
- якість оформлення звіту, у тому числі використання програмних продуктів типу Excel, Origin;
- виконання додаткових індивідуальних завдань;
- захист результатів лабораторної роботи;
- реферат з відповідями на питання шкільного курсу фізики;
- презентація результатів виконання навчально-дослідницької роботи студента;
- виступ на науковій конференції студентів фізичного факультету.

### **Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**

Форми поточного контролю:

- усне опитування та виконання тестових завдань на практичних заняттях;
- перевірка підготовки до виконання лабораторної роботи у робочому зошиті;
- усне опитування та виконання тестових завдань при допуску до виконання завдань лабораторних робіт;
- перевірка і захист звіту за виконану роботу;
- виконання завдань самостійної роботи;

Форма модульного контролю: складається з поточного контролю та оцінювання модульної контрольної роботи. Форма підсумкового семестрового контролю: комбінована.

**Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)**

(Т1, Т2 ... – теми)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Лабораторні роботи	Модульна КР	Сума
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	30	40	100
4	4	5	4	4	4	5			

Т1, Т2, ... - теми

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

Поточне оцінювання та самостійна робота									Лабораторні роботи	Модульна КР	Сума
Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	Т13	Т14	Т15	Т16	30	40	100
3	3	4	3	3	4	3	3	4			

Т8, Т9, ... - теми

Поточне оцінювання виконання лабораторної роботи											Сума
ГО	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Л8	Л9	Л10	М1 – 30
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	М2 – 30

ГО – геометрична оптика; Л1, Л2 ... – лабораторні роботи (змістовні модулі)

**Критерій оцінювання виконання, оформлення та захисту лабораторних робіт.**

За кожну лабораторну роботу студент може отримати 100% максимальної кількості балів, визначеної для кожної теми (лабораторної роботи).

*Критерії оцінювання допуску і виконання лабораторної роботи (40% максимальної кількості балів, визначеної для кожної теми (лабораторної роботи)).*

При оцінюванні допуску враховується розуміння послідовності виконання лабораторної роботи, підготовка бланку-звіту та вміння пояснити закони і закономірності, що передбачається дослідити в лабораторній роботі.

*I. Початковий рівень (10% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент демонструє вміння виконувати частину лабораторної роботи і лише з допомогою викладача, порушує послідовність виконання роботи, відображену в інструкції, не робить самостійно висновки за отриманими результатами.

*II. Середній рівень (20% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент виконує роботу за зразком (інструкцією) або з допомогою викладача, результат роботи студента дає можливість зробити правильні висновки або їх частину, під час виконання роботи допущені помилки.

*III. Достатній рівень (30% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент самостійно виконує роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності виконання алгоритмів, проведення дослідів та вимірювань тощо. У звіті правильно і акуратно виконує записи, таблиці, схеми, графіки, розрахунки, самостійно робить висновок.

*IV. Високий рівень (40% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент виконує всі вимоги, передбачені для достатнього рівня, виконує роботу за самостійно складеним планом, робить аналіз результатів, розраховує похибки (якщо потребує завдання). Більш високим рівнем вважається виконання роботи за самостійно складеним оригінальним планом або установкою, їх обґрунтування.

*Критерії оцінювання оформлення і захисту лабораторної роботи (60% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи)*

При оцінюванні *оформлення результатів лабораторних робіт* (звіту) враховується охайність оформлення, дотримання загальноприйнятих вимог до оформлення такого роду документів, достовірність результатів, тощо.

*I. Початковий рівень (до 15% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєний лише фрагментарно. Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлена нечіткими уявленнями про предмети і явища; діяльність студента здійснюється під керівництвом викладача. Студент за допомогою викладача описує поняття, явища, процеси тощо або їх частини у зв'язаному вигляді без пояснення їх суттєвих ознак; називає поняття, явища, процеси; розрізняє позначення окремих величин.

*II. Середній рівень (15% - 30% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєний частково. Знання неповні, поверхові, студент в цілому правильно відтворює навчальний матеріал, але недостатньо осмислено; знає основні теорії і факти, уміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок, але має проблеми з аналізом та формулюванням висновків; частково контролює власні навчальні дії, здатний виконувати завдання за зразком. Студент може зі сторонньою допомогою пояснювати суть понять, явищ, процесів; виправляти допущені неточності (власні, інших студентів); виявляє елементарні знання основних положень (законів, понять, формул).

*III. Достатній рівень (30% - 50% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент добре опанував вивчений матеріал, застосовує знання у стандартних ситуаціях, уміє проаналізувати й систематизувати інформацію, самостійно використовує традиційні докази із правильною аргументацією. Студент уміє дати ґрунтовну відповідь на поставлене запитання. Відповідь студента повна, логічна; розуміння пов'язане з одиничними образами, не узагальнене. Володіє понятійним апаратом. Допускає незначні неточності чи негрубі фактичні помилки. Уміє виправляти допущені помилки. Студент вільно володіє вивченим матеріалом у стандартних ситуаціях, наводить приклади його практичного застосування та аргументи на підтвердження власних думок.

*IV. Високий рівень (50% - 60% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент має системні, повні, глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями в обсязі та в межах вимог навчальної програми, усвідомлено використовує їх у стандартних та нестандартних ситуаціях. Уміє самостійно аналізувати та застосовувати основні положення теорії для вирішення нестандартних завдань, робити правильні висновки, приймати рішення. Студент вільно володіє вивченим програмовим матеріалом, уміло послуговується науковою термінологією, вміє опрацьовувати наукову інформацію; вміє самостійно поставити мету дослідження, знаходити нові факти, явища, ідеї, самостійно використовувати їх відповідно до поставленої мети, вказує шляхи її реалізації; робить аналіз та висновки.

Лабораторний практикуму зараховується студенту, якщо він 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.

Загальна кількість балів за 2 модулі становить 200 балів. Результуюче підсумкове оцінювання засвоєння навчального матеріалу (тобто за курс в цілому) визначається як інтегрована оцінка засвоєння всіх модулів і кількісно дорівнює сумі балів, отриманих за кожний модуль, поділена на 2.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

Оцінки “відмінно” (А) 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 “дуже добре” (В) 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” (С) 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 “достатньо” (E) 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 “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 “неприйнятно” (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.

За результатами рейтингового контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової відмітки “зараховано” або екзаменаційної оцінки (без складання заліку чи екзамену) із відповідною оцінкою за системою ECTS у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці E з кожного модуля. При цьому підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем і кількісно дорівнює сумі балів отриманих за кожен модуль з ваговим коефіцієнтом 0,5 та врахування оцінки НДРС та реферату за шкільний курс фізики. Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи залік або екзамен.

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РЕЙТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ ФІЗИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ УЖНУ

1. Рейтинг - це комплексний показник успішності студента, рівня його обізнаності в предметі, що вивчається. Цей показник характеризує якість знань, систематичність в роботі 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 балів
3. За кожну виконану і захищену лабораторну роботу виставляється максимальна кількість балів, визначена для кожної лабораторної роботи. При цьому враховується результати допуску до виконання завдань, якість одержаних результатів та оформлення роботи, розуміння фізичної суті досліджуваних явищ, вміння користуватись фізичними приладами та захист роботи згідно наведених вимог у пункті «Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни» для фізичного практикуму.
4. Викладачі можуть встановлювати заохочувальні бали за активну участь в обговоренні теоретичного матеріалу та в розв'язку 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 зальна сума балів курсу та відповідного фізичного практикуму не може перевищувати максимальну суму балів, визначену в п.2 та п.3.
5. Таким чином, рейтинг - це сума набраних студентом балів в першому семестрі 2-го курсу за різнобічну діяльність в опануванні дисципліною "Загальна фізика (Оптика)" і відповідним фізичним практикумом, яка виступає чисельним показником якості його роботи в 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:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	Характеристика	Еквівалент оцінки	
			за п'ятибальною шкалою (екзамени)	Заліки
90-100	A	Відмінно	Відмінно -5	Зараховано
82 - 89	B	Дуже добре	Добре - 4	Зараховано
74 - 81	C	Добре	Добре - 4	Зараховано
64- 73	D	Задовільно	Задовільно - 3	Зараховано
60 - 63	E	Достатньо	Задовільно - 3	Зараховано
35 - 59	FX	Незадовільно з можливістю перескладання	Незадовільно - 2	Незараховано
0 - 34	F	Недостатньо з обов'язковим повторним навчанням	Незадовільно - 1	Незараховано

## 7. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1

##### **Змістовний 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 (ЕМХ). Особливості видимого діапазону. Структура плоскої ЕМХ та її комплексна форма. Збіжні та розбіжні сферичні хвилі. Густина потоку енергії та імпульс ЕМХ. Розподіл густини потоку енергії по перерізу пучка. Гаусовий пучок. Густина імпульсу ЕМХ. Тиск світла, його відкриття і прояв. Суперпозиція ЕМХ, її відмінність від суперпозиції полів ЕМХ.
2. **Електромагнітні хвилі.** Фазова і групова швидкості світла у середовищі. Стоячі хвилі. Биття. Експериментальне доведення ЕМ природи світла. Поляризація ЕМХ. 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 видності 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.

##### **Змістовний 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 немонахроматичного 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 немонахроматичності випромінювання. Кільця Ньютона. Врахування багаторазових відбивань. Використання явища інтерференції.
6. **Дифракція світла.** Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Графічне обчислення амплітуди. Пляма Пуассона. Дифракція на прямолінійному краї напівнескінченного екрану. Зонна пластинка, як лінза. Труднощі метода зон Френеля. Дифракція Френеля: а) на круглому отворі; б) на круглому екрані; в) на краю напівнескінченного 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 2.

### Змістовний 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 ейконалу 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. Аберації оптичних систем ( астигматизм, сферична і хроматична аберації, 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 призмистою 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. Поляроїди. 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 Тиндалля. Релеєвське розсіювання та розсіювання Мі ( якісний опис закономірностей, кількісні залежності без

виведення) Молекулярне розсіяння. Розсіяння світла Мандельштама - Бріллюена та комбінаційне розсіювання світла.

#### **Змістовний 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<sub>2</sub> –лазера. Газодинамічні лазери. Лазери з перетворюваною частотою. Інформація про інші типи лазерів та їх характеристики.
14. **Квантові властивості світла.** Фотоефект: основні експериментальні закономірності та їх пояснення. Визначення сталої Планка із фотоефекту. 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 різницевих 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 Допплера. Поперечний ефект Допплера 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.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Усього	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні	Індивідуальна робота студента	Самостійна робота студента
<b>Модуль 1.</b>						
<b>Змістовний модуль 1. Електромагнітна природа світла</b>						
1.Вступ. Коротка історія розвитку оптики.	2	1				1
2.Електромагнітна природа світла.	6	1	2			3
3.Фотометрія.	16	2	2	4		8
4.Природне світло. Немонохроматичне і хаотичне випромінювання.	8	2	2			4

<b>Змістовний модуль 2. Хвильова оптика</b>						
5.Інтерференція світла.	24	2	2	8		12
6.Дифракція світла.	24	2	2	8		12
7.Фур'є-оптика і елементи голографії.	4	2				2
Разом за 1 модуль	84	12	10	20		42
<b>Модуль2</b>						
<b>Змістовний модуль 3. Геометрична оптика</b>						
8. Поширення, заломлення і відбивання світла в ізотропних середовищах.	16	2	2	4		8
9. Геометрична оптика і оптичні прилади. Лінзи.	24	2	2	8		12
10. Характеристики спектральних приладів.	16	2	2	4		8
11.Поширення світла в анізотропних середовищах.	2	1				1
12. Розсіювання світла.	6	1	2			3
<b>Змістовний модуль 4 . Змінне електромагнітне поле</b>						
13.Генерація світла. Лазери.	12	2		4		6
14.Квантові властивості світла.	16	2	2	4		8
15.Нелінійні явища в оптиці.	2	1				1
16.Оптика рухомих середовищ.	2	1				1
Разом за 2 модуль	96	14	10	24		48
<b>Разом за курс</b>	<b>180</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>44</b>		<b>90</b>

### 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	1
4.	Інтерференція світла.	2
5.	Дифракція світла.	2
6.	Відбивання і заломлення світла на межі діелектриків. Формули Френеля.	1
7.	Геометрична оптика. Тонкі і товсті лінзи. Оптичні прилади Хід променів у оптичних системах. Матричний опис.	2
8.	Нормальна та аномальна дисперсія світла.	1
9.	Поляризація при відбиванні і заломленні світла. Повне відбивання.	1
10.	Спектральні прилади та їх характеристики	2
11.	Оптичні явища в анізотропних кристалах.	1
12.	Розсіювання світла.	1
13.	Фотоефект. Теплове випромінювання.	2
<b>Разом</b>		<b>20</b>

#### 6.4. Теми лабораторних робіт фізичного практикуму

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Вступне заняття. Особливості фізичного практикуму до дисципліни «Загальна фізика (Оптика)». Проходження інструктажу з техніки безпеки при виконанні завдань в практикумі з оптики. Геометрична оптика. Побудова зображень в дзеркалах та в лінзах.	1
2.	Лабораторна робота № 1. Визначення фокусних відстаней лінз різними способами.	3
3.	Лабораторна робота № 2 Дослідження недоліків оптичних систем	3
4.	Лабораторна робота № 3. Вивчення зорової труби і мікроскопа та визначення їх збільшення.	3
5.	Лабораторна робота № 4. Визначення показника заломлення плоскопаралельної пластинки за допомогою мікроскопа та рідин за допомогою рефрактометра.	3
6.	Лабораторна робота № 5 Визначення довжини світлової хвилі за допомогою біпризми Френеля.	3
7.	Лабораторна робота № 6. Визначення сили світла лампи розжарення та її питомої потужності. Вивчення світлового поля джерела світла за допомогою фотометра	3
8.	Лабораторна робота № 7. Визначення радіуса кривизни лінзи і довжини світлової хвилі за допомогою кілець Ньютона.	3
9.	Лабораторна робота № 8. Визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракції на прямокутній щілині.	3
10.	Лабораторна робота № 9. Градування монохроматора. Вивчення спектрів випромінювання газів та їх якісний аналіз за допомогою спектроскопа.	3
11.	Лабораторна робота №10. Вивчення поляризації світла: 1.Визначення кута Брюстера. 2. Дослідження характеру поляризованого світла за допомогою стопи Столетова. 3. Перевірка закону Малюса.	5
12.	Лабораторна робота №11. Вивчення явища обертання площини поляризації світла напівтіньовим методом. Вивчення явища магнітного обертання площини поляризації	5
13.	Лабораторна робота №12. Вивчення явища поглинання світла за допомогою фотоколориметра.	5
	Заключне заняття. Захист протоколів лабораторних робіт	1
	Разом	44

Студенти можуть за бажанням вибирати, погоджуючи з керівником, заняття інші теми лабораторних робіт, які наявні в лабораторних фізичних практикумах

#### 6.5. Самостійна робота

№	Назва теми	Годин
1	<b>Електромагнітна природа світла</b> (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	20
2	<b>Хвильова оптика</b> (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	25

3	<b>Геометрична оптика</b> (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	20
4	<b>Змінне електромагнітне поле</b> (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	25
	<b>Разом</b>	90

### **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 дисципліни «Загальна фізика (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 повідомлений 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.

Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторних практикумах де наявне повне методичне забезпечення курсу, а також студенти мають можливість попередньо ознайомити з лабораторними стендами, приладами та устаткуванням, які використовуються при виконанні роботи. Контроль за самостійною роботою ведеться на кожному занятті при допуску і захисті лабораторної роботи, де перевіряється здатність студентів творчо мислити, усно формулювати фізичні положення і твердження. Співбесіди студента і викладача є перманентними, проводяться щодня протягом семестру, студент, який не у повній мірі зрозумів (підготовлений) до виконання завдань лабораторної роботи одержує консультацію викладача.

Підготовка до лабораторних занять, їх виконання, оформлення звітів передбачає значну самостійну роботу як поза практикумами, так і при роботі в лабораторії. При самостійній роботі рекомендується використати записи лекцій і навчальні посібники, що приводяться в списку літератури. При цьому рекомендується самостійно проробити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи, попередньо повідомленій студентам, ознайомитись із методикою експерименту, завданнями і ходом їх виконання, скласти план проведення дослідів.

Перш ніж приступити до виконання лабораторної роботи, студент повинен самостійно вивчити теоретичні питання, які стосуються даної лабораторної роботи за рекомендованою літературою, розуміти суть завдань, підготувати в робочому зошиті необхідні короткі теоретичні відомості, схеми проведення експерименту і таблиці, знати хід роботи, робочі формули для проведення розрахунків, 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 з використанням програм Excel, Origin для обробки і представлення результатів і знайомиться з методичними матеріалами до наступної лабораторної роботи. У ході виконання лабораторної роботи студенти можуть пропонувати і одержувати від викладача **індивідуальні завдання**, які поглиблюють і розширюють знання про досліджувані явища і процеси, або виконувати додаткові лабораторні роботи, які наявні у лабораторних практикумах, але не включенні до списку завдань.

### **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.

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### ***До лекційних і практичних занять:***

Лекційні демонстраційні досліди. (біля 50 )

Технічні засоби навчання; мультимедійний проектор, (типу Epson EB-S6) персональний компютер (Intel Pentium 3,2 GHz/1Gb/160Gb, Монітор 15'' TFT)

Плакати (біля 50)

Дистанційна платформа Moodle

### ***До виконання завдань лабораторних робіт фізичного практикума:***

Технічні засоби навчання; мультимедійний проектор, (типу Epson EB-S6) персональний комп'ютер (Intel Pentium 3,2 GHz/1Gb/160Gb, Монітор 15'' TFT), програми Excel, Origin.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Малогабаритні голографічні установки УГМ-1 (у комплекті з тримачами та оптичними елементами) | 14. Інтерферометр Фабри-Перо   |
| 2. Фотоелектрична лава ФС-1   | 15. Фотоприймачі – фотоелементи , фотодіоди , фоторезистори  |
| 3. Монохроматор УМ-2  | 16. Коліматор  |
| 4. Колориметр фотоелектричний КФК-2МП   | 17. Оптичні лави, тримачі, юстировочні столики   |
| 5. Гоніометр Г-5  | 18. Освітлювачі з блоками живлення: ОИ-19 для тіньової проекції, лампа ртутна дугова РДГ                                 |
| 6. Рефрактометр ИРФ-454Б  | 19. Автотрансформатор ЛАТР   |
| 7. Сахариметр СУ-4  | 20. Оптичні елементи: набори, лінз, дзеркал, оптичних світлофільтрів, дифракційних решіток, призм, біпризм, щілин і т.п. |
| 8. Оптичний пірометр «Промінь»  | 21. Осцилограф С1-76   |
| 9. Газові лазери ЛГ-70, ЛГ-75, ЛГ-78  | 22. Саморобні лабораторні макети   |
| 10. Мікроскопи «Біолам», МБС-9,   |  |
| 11. Вольтметр цифровий В7-21  |  |
| 12. Люксметр Ю-116  |  |
| 13. Ваги електронні лабораторні CAS MWP - 300   |  |

## 8. НАВЧАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна література

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
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики, книга 3. –К:Либідь, 2001. – 424 с.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. т.3. Оптика. Квантова фізика. – Київ, Техніка, 1999.
4. Бенца В.М.,Студеняк І.П. Задачі з оптики. Ужгород: УжНУ, 2005. –192 с.
5. Горват А.А., Грабар О.О. ФІЗИЧНИЙ ПРАКТИКУМ. Частина 4. Електромагнітні коливання і хвилі. Класична оптика. Навчальний посібник. – Ужгород: 2022 р. – 122 с.
6. Горват А. А., Молнар О.О., Мінькович В.В. Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel. Навчальний посібник. Ужгород: Вид. УжНУ “Говерла”, 2019. – 182 с.
7. Горват А. А., Молнар О.О., Мінькович В.В. Обробка, візуалізація та аналіз експериментальних даних з використанням пакету Origin. Навчальний посібник. Ужгород: Вид. УжНУ «Говерла», 2020. – 64 с.

### Допоміжна література

1. Lea S., Burke J. Physics: the nature of things. –West Publishing Company. USA, 1997. 1199 p.
2. Студеняк І.П.,Бенца В.М.,Коперльос Б.М. Фізичний практикум. Оптика. – Ужгород, 2000 – 108 с.
3. М.Колінько, І.Пашук, І.Стефанський. Оптичний практикум. Ч.1 та ч. 2. – Львів: ЛНУ, 2000, 2004.
4. І. П. Пашук, А .С. Волошиновський, В. В. Вістовський. Задачі з оптики – Львів : Львів: ЛНУ, 2020.
5. Загальна фізика. Збірник задач. За заг. ред. Горбачука І.Т. –К: Вища школа, 1993. – 360 с.
6. Чолпан П.П. Фізика: Підручник Київ, Вища школа, 2003. – 567 с.

### 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://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/slovniku/sl11.pdf> (М.О. Вакуленко , О.В. Вакуленко. Фізичний тлумачний словник)  
<https://www.unian.ua/science> (Новини науки і технологій)

## 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)

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК 1

### ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПИТАНЬ, ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН З ДИСЦИПЛІНИ "ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА (ОПТИКА)"

для студентів 1 курсу спеціальності „Середня освіта. Фізика та астрономія”

#### **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 видності. 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 хвиль. 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 Ньютонів. Багатоприменева 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. Поляріди. 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. Релеївське розсіювання світла та розсіювання Мі ( якісний опис ). Розсіювання Мандельштама-Бріллюена та комбінаційне розсіювання світла

### **Змістовний модуль 4**

28. Випромінювання абсолютно чорного тіла. Правило Прево. Закони Кірхгофа, Стефана-Больцмана 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 фотоэффект.
33. Основні експериментальні закономірності зовнішнього фотоэффекту та їх пояснення.. Визначення сталої Планка із фотоэффекту. Внутрішній фотоэффект. 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.

## ПРИКЛАДИ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ ЗА ЗМІСТОВНИМИ МОДУЛЯМИ

## КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1

## Варіант 1

- У вакуумі вздовж осі  $X$  поширюється плоска електромагнітна хвиля, інтенсивність якої дорівнює  $21.2 \text{ мкВт/м}^2$ . 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).
- 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  $0.5 \text{ м}^2$ , а коефіцієнт відбивання світла його поверхнею - 0.7.
- На поверхню скла падає пучок природнього світла. Кут падіння рівний  $45^\circ$ , 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  $I_0$ .
- Оцінити частоту  $\omega_p$  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

- В сучасних лазерних установках досягається значення напруженості електричного поля порядку  $10^9 \text{ В/м}$ . Визначити: 1) амплітуду вектора напруженості магнітного поля; 2) густину енергії та густину імпульсу; 3) інтенсивність лазерного випромінювання.
- У кінотеатрі на екран розміром  $5 \times 4 \text{ м}^2$  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.
- 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.
- 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

- 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.
- 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.
- На поверхню скла ( $n_1=1.5$ ) під кутом  $45^\circ$  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<sup>-1</sup>. 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 круглій 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  $\omega$  по закону  $v=\alpha\omega^q$ , б) з довжиною хвилі  $\lambda$  по закону  $v=\beta\lambda^p$  ( $q, p$  - числа, менші за одиницю;  $\alpha, \beta$  - 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 і, 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  $10 \times 25$  см<sup>2</sup> 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  $\lambda$  можна описати виразом  $n=a+b\lambda^{-2}+d\lambda^2$  ( $a, b, d$  - сталі додатні величини). Визначити: 1) довжину хвилі  $\lambda_{\min}$ , 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<sup>2</sup> (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  $1.23 \text{ м}^{-1}$ , 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  $3 \times 10^{-3}$  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'єктив – 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 Ньютонів у відбитому світлі ( $\lambda=450$  нм) за допомогою плоскоопуклої 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  $140^\circ$ . 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  $10^\circ$  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 -  $100 \text{ лм/м}^2$ , довжина хвилі - 580 нм. Визначити: 1) інтенсивність I-го дифракційного максимуму; 2) інтенсивність слідуєчого 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  $\lambda$ . 2) Взавши 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  $D$ , розрахованими по наближеній формулі  $D \approx mf/d$ , 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) збірною 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'єктив мікроскопа, можна вважати рівним  $90^\circ$  (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 Ньютонів 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  $20^\circ$  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  $\varphi$ , під яким спостерігається центральний (нульовий) максимум; б) кути  $\varphi_+$  та  $\varphi_-$ , 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” фотоефекту 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  $4 \times 10^6$  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  $6.95 \times 10^8$  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  $60^\circ$ . 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 ( $0.5 \times 10^{-10}$  м).
3. Визначити довжину хвилі “червоної межі” фотоефекту для: 1) цезію (робота виходу дорівнює 1.9 еВ); 2) міді (робота виходу - 4.5 еВ); 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  $60^\circ$ . На поляризатор падає неполяризоване світло інтенсивності  $I_0$ . 1) У скільки разів зміниться інтенсивність світла, що виходить з аналізатора, якщо кут зменшити до  $30^\circ$ ? 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  $30^\circ\text{C}$ ; 2) спіраль електричної лампи ( $T=2000\text{ K}$ ); 3) поверхня Сонця ( $T=5800\text{ K}$ ); 4) атомна бомба, що має в момент вибуху  $T\approx 10^7\text{ K}$ . 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 K (маса молекули водню  $2.4\times 10^{-27}$  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  $10^\circ$  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  $\varphi$  з площиною поляризатора, на який падає хвиля природнього світла з довжиною  $\lambda$  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 K. Визначити: 1) енергетичну світність випромінювання  $R_e$ ; 2) довжину хвилі  $\lambda_m$ , що відповідає максимуму випромінювання; 3) енергетичну світність  $\Delta R_e$ , 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  $1\text{ m}^2$  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  $1\times 10^4$  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 20°C рівна  $2.2 \times 10^{-5} \text{ г}^{-1} \text{ с}^2$ .

2. Система, яка складається із атомів, що мають два невироджені 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,  $\lambda$  - довжина хвилі в середовищі.

### Анотація дисципліни "Загальна фізика (Оптика)"

Курс дисципліни "Загальна фізика (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 глибшому 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 дисципліни "Загальна фізика (Оптика)" є фізичний практикум. Його головні завдання є наступні.

1. Ознайомити студентів з принципами роботи та використанням оптичних та вимірювальних 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 сформулювати 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, фотоэффект 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.