МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра експериментальної фізики

Затверджено
на засіданні кафедри експериментальної фізики
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 7 від 07.06.2023 р.)

Завідувач кафедри

Анатолій ВОЛОШИНОВСЬКИЙ

Силабус
з навчальної дисципліни “Оптика”,
що викладається в межах ОПП “Комп’ютерні технології у прикладній фізиці”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2023

Назва дисципліни	Оптика
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія, 8, Львів, 79005
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліни	фізичний факультет, кафедра експериментальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі дисципліни	Лектор: Рудиш Мирон Ярославович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики; практичні заняття проводить: доц. Малий Т.С.
Контактна інформація викладачів	myron.rudysh@lnu.edu.ua, rudysh.myron@gmail.com taras.malyi@lnu.edu.ua, m24tar@gmail.com.
Консультації по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/optyka-fizyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Оптика» є нормативною навчальною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, яка викладається у IV семестрі в обсязі 7 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс загальної фізики є основою у профілюючій підготовці студентів фізичних і технічних спеціальностей. Без ґрунтовних знань з фізики неможлива майбутня повноцінна професійна діяльність в експериментальній та теоретичній фізиці, педагогічній, інженерній галузях тощо. Предмет «Оптика» займає центральне місце серед інших дисциплін загальної фізики. Основні закони оптики є фундаментом для різних галузей науки і техніки. Їхнє вивчення під час лекційних і практичних занять дасть змогу опанувати багато інших важливих дисциплін на фізичному факультеті. Підготовка висококваліфікованого фізика має опиратись на фундаментальні знання, які можна набути й під час практичних занять. Розв'язування задач сприяє глибшому розумінню фізичних явищ, встановленню взаємозв'язків між основними величинами.
Мета та цілі дисципліни	**Мета** – вивчити основні закони оптики, сучасні уявлення про природу світла, їх пояснення та застосування в процесі виконання лабораторних робіт. Ознайомити студентів з основними здобутками фізики у галузі оптики, показати експериментальні прояви головних її закономірностей, їх значення для пізнання природи та для практики, окреслити очікувані перспективи її розвитку. **Цілі** – формування в студентів знань та умінь, необхідних для розуміння законів класичної оптики, взаємодії світлових пучків між собою та з речовиною, питань хвильової та корпускулярної природи світла, явищ в області слабких та сильних світлових пучків.
Література для вивчення дисципліни	**Базова:** 1. Романюк М.О. Оптика : підручник / М.О. Романюк, А.С. Крочук, І.П. Пашук; за ред. проф. М.О. Романюка. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2012. – 564 с. 2. Загальна фізика у прикладах, запитаннях і відповідях. Оптика : навчальний посібник / В.Ф. Коваленко, І.М. Халімонова, Н.П. Харченко, В.М. Стецюк. – К. : Видавничо-поліграфічний центр

	"Київський університет", 2012. – 447 с. 3. Кучерук І.Н. Горбачук І.Г. Загальний курс фізики. Т.3. – К.: Техніка. 1999. 4. Бушок Г.Ф. Венгер Є.Ф. Курс фізики: В 3 кн. Оптика. Фізика атома та атомного ядра: Навч. Посіб. –К.: Вища шк., 2003. – 311 с. **Допоміжна:** 1. Білий М.У., Скубенко А.Ф. Загальна фізика. Оптика. – К.: Вища школа. 1987. 2. Кристалооптика : [навч. посіб.] / М.О. Романюк ; ЛНУ ім. Івана Франка. - Вид. 2-е, допов. - Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. - 455 с. 3. Задачі з оптики : навч. посібник / І.П. Пашук, А.С. Волошиновський, В.В. Вістовський ; за ред. проф. М.О. Романюка. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. – 326 с. **Інформаційні ресурси:** 1. http://www.wikipedia.org 2. https://www.coursera.org/
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг дисципліни	210 годин, з яких 112 годин аудиторних занять, з них 48 годин лекцій, 64 години практичних занять та 98 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	**Загальні компетентності (ЗК):** **ЗК 1**. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. **ЗК 2**. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. **ЗК 9.** Здатність працювати автономно. **Спеціальні (фахові) компетентності (СК):** **СК 5.** Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій. **СК 7.** Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності. **Програмні результати навчання:** **ПРН 01**. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики. **ПРН 02**. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. **ПРН 03**. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики. **ПРН 12**. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен: **знати:** - Основні властивості світлових пучків, їх взаємодію між собою та з речовиною, можливості практичного використання законів оптики, а також фундаментальні закономірності оптики рухомих середовищ, методи генерації світла, обґрунтування хвильової та корпускулярної природи світла, закономірності та можливості нелінійної оптики. **вміти:** - Провести прості вимірювання оптичних характеристик речовини (поглинання світла, дисперсію показників заломлення, спектри

<table>
<tr><td></td><td>свічення твердих тіл і газів, склад і вміст сумішей газів та конденсованих систем), характеристики світлових пучків (інтенсивність, поляризація, когерентність), розшифрувати класичні інтерференційні та прості дифракційні картини, визначати головні характеристики інтерференційних, дифракційних, дисперсійних та лінзових систем, юстувати такі прості системи. Уміти розраховувати параметри простих оптичних приладів, світлових пучків та фізичних характеристик речовин на базі закономірностей, висвітлених у програмі курсу.</td></tr>
<tr><td>Ключові слова</td><td>закони геометричної оптики; інтерференція світла; дифракція світла; поляризація світла; дисперсія світла; оптика анізотропних середовищ; оптичні параметричні ефекти у прозорих середовищах; квантові властивості світла; розсіювання світла; люмінесценція; лазери.</td></tr>
<tr><td>Формат дисципліни</td><td>Очний</td></tr>
<tr><td></td><td>проведення лекцій, практичних занять та консультації для кращого розуміння тем</td></tr>
<tr><td>Теми</td><td>Наведено у таблиця 1</td></tr>
<tr><td>Підсумковий контроль, форма</td><td>Підсумковий контроль: іспит в кінці семестру.
Форма: письмово-усна.</td></tr>
<tr><td>Пререквізити</td><td>Для вивчення курсу студенти потребують знати:
Механіку, Молекулярну фізику, Електрику і магнетизм, Математичний аналіз, Аналітичну геометрію, Диференціальні та інтегральні рівняння.</td></tr>
<tr><td>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання дисципліни</td><td>лекції, лекційні демонстрації, розв’язування задач, презентації.</td></tr>
<tr><td>Необхідне обладнання</td><td>Лекційні заняття – мультимедійна установка та ноутбук.</td></tr>
<tr><td>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</td><td>Оцінювання проводяться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:
поточний контроль: 50 балів
• контрольні роботи за двома змістовими модулями, 2×20 = 40 балів;
• колоквіум – 10 балів;
Разом за семестр: 50 балів.
• Іспит: 50 балів. На іспит виноситься 3 описові питання, з максимальною оцінкою в 10 балів кожне і тести з максимальною сумарною оцінкою 20 балів.
• Підсумкова максимальна кількість балів: 100.
Шкала оцінювання контрольної роботи
<table>
<tr><th>Бали</th><th>Критерії оцінювання</th></tr>
<tr><td>20-15</td><td>студент повністю володіє матеріалом</td></tr>
<tr><td>14-10</td><td>студент достатньо володіє матеріалом</td></tr>
<tr><td>9-1</td><td>студент частково володіє матеріалом</td></tr>
<tr><td>0</td><td>студент не володіє матеріалом</td></tr>
</table>
Критерії оцінювання описових питань іспиту
<table>
<tr><th>Критерії</th><th>Бали</th></tr>
<tr><td>Студент продемонстрував глибокий рівень розуміння матеріалу. Під час відповіді використовував формули, означення, приводив доведення, вільно володів концепціями. Розглянуто всі аспекти поставленого запитання. Відповіді були достатньо аргументовані, чіткі й логічні, містили всі необхідні елементи й деталі. Допускалися деякі неточності формулювань.</td><td>10-9</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

	Здобувач продемонстрував достатній або середній рівень фізичних знань під час відповіді на запитання. Наведено формули й означення без їхнього повного кінцевого розуміння. Відповіді на певні аспекти питання були в основному правильні, але недостатньо фізично обґрунтовані, допускалися математичні помилки й неточності означень.	8-6
	Здобувачем продемонстровано задовільний або базовий рівень знань з питання, яке у відповіді не розглянуто з усіх необхідних точок зору. Крім значних математичних помилок, траплялися випадки, пов'язані з помилковою фізичною інтерпретацією певного аспекту питання.	5-1

Додаткові бали (до 10 включно) можна отримати за написання та публікацію тез, статті, особисту участь у міжнародних, всеукраїнських наукових конференціях та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни за умови, що загальне число набраних балів не перевищуватиме 100 балів.

Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.
Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.
Література. Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.
Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на практичних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.
Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.

Питання до екзамену	Рівняння Максвелла, хвильове рівняння. Система векторів електромагнітної хвилі. Втрата фази при відбиванні від діелектрика. Фізичний зміст показника заломлення (Гюйгенса, Ньютона). Зв'язок показника заломлення з характеристиками речовини (Максвелла). Когерентні джерела світла. Часова і просторова когерентність. Таутохронізм. Хід променів у схемах біпризми, білінзи, дзеркалі Ллойда. Характеристики інтерференційних схем.

	Схема Юнга, вираз для різниці ходу, умови екстремумів. Зв'язок між розмірами джерела та апертурою інтерференції. Опис картини двопроменевої інтерференції. Особливості багатопроменевої інтерференції. Інтерферометр Жамена. Інтерферометр Майкельсона. Пластинка Луммера-Герке. Інтерферометр Фабрі-Перо. Кольори тонких плівок. Вираз для різниці ходу. Смуги рівної товщини та їх локалізація. Смуги рівного нахилу та їх локалізація. Застосування інтерференції – фільтри, просвітлена оптика, діелектричні дзеркала. Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френзеля. Зонні пластинки. Пояснення прямолінійності поширення світла. Графічне складання амплітуд: точкове джерело, круглий отвір, півплощина, щілина. Дифракція на щілині. Дифракційна решітка. Амплітудні та фазові решітки, синусоїдальна решітка. Умови екстремумів при дифракції на щілині та на решітці. На що впливають співвідношення розмірів прозорої і непрозорої компонент сталої решітки? Скісне падіння світла на решітку. Характеристики решітки: дисперсія, роздільна здатність, область дисперсії. Дифракція на багатомірних структурах. Умови Лауе, формула Вульфа-Брегга. Голографія: властивості зображення, отримання голограми, відтворення зображення, застосування. Голографія Денисюка. Геометрична оптика – умови її застосування. Принцип Ферма. Заломлення світла на сферичній поверхні – знаки кутів та відрізків. Нуль-інваріант Аббе. Інваріант Лагранжа-Гельмгольца. Формула лінзи. Товста лінза. Оптична система. Головні поверхні, їх положення. Лупа, хід променів, збільшення. Роздільна здатність мікроскопа, хід променів, збільшення. Дифракційна теорія зображення у мікроскопі. Телескоп. Хід променів, збільшення. Зоряний інтерферометр Майкельсона. Аберації оптичних систем. Поляризація світла при відбиванні та заломленні. Формули Френеля – схема виведення, їх вигляд для відбитого пучка. Кут Брюстера, його фізичне пояснення. Нормальна та аномальна дисперсія світла. Електронна теорія дисперсії світла. Рефракція, її застосування. Методи вимірювання показника заломлення. Показник поглинання. Дисперсія призми.

	Анізотропія кристалів. Вектори електромагнітної хвилі у кристалах. Оптична індикатриса. Оптичні осі. Складання перпендикулярних коливань, аналіз поляризованого світла. Інтерференція поляризованих променів. Пропускання поляризаційно-оптичної системи. Лінійне двопроменезаломлення. Застосування поляризованого світла. Поляризатори і компенсатори. Циркулярне двопроменезаломлення. Повертання площини поляризації. Електрооптичний ефект, опис, застосування. Ефект Фарадея. Групова і фазова швидкість світла. Формула Релея. Ефект Допплера. Закони зовнішнього фотоефекту. Формула Айнштайна для фотоефекту. Властивості фотона. Пояснення зовнішнього фотоефекту на основі хвильової та корпускулярної теорії світла. Застосування фотоефекту. Світловий тиск. Абсолютно чорне тіло. Основні закономірності його випромінювання. Формула Планка. Спонтанне та вимушене випромінювання. Розсіювання світла. Оптичні квантові генератори – енергетична будова активного середовища. Будова оптичного квантового генератора.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Оптика»

Тиж-день	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1	Вступ. Етапи розвитку оптики. Джерела світла.	Лекції – 4 год. практ. заняття – 4 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 2, 3 Допоміжна: 1,3	1 тиждень
2	Класичні закони оптики.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 4 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, 2, 4 Допоміжна: 1	1 тиждень
3	Хвильове рівняння. Види хвиль. Фазова і групова швидкості. Рівняння Максвелла і висновки з них.	Лекції – 4 год. практ. заняття – 6 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 2, 3 Допоміжна:2	1 тиждень
4	Геометрична оптика. Заломлення світла на сферичній поверхні. Інваріанти.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, 4 Допоміжна: 1	1 тиждень
5	Товста лінза. Оптичні прилади. Аберації. Інтерференція світла. Класичні інтерференційні схеми та їх характеристики.	Лекції – 4 год. практ. заняття – 6 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 2, 3, 4 Допоміжна:1, 3	1 тиждень

6	Когерентність світлових хвиль.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, 2	1 тиждень
7	Інтерференція у тонких плівках. Інтерферометри. Застосування інтерференції світла.	Лекції – 4 год. практ. заняття – 6 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 2 Допоміжна: 1	1 тиждень
8	Дифракція світла. Зони Френеля. Складання амплітуд.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, Допоміжна:	1 тиждень
9	Дифракція Фраунгофера. Щілина. Решітка. Дифракція Фраунгофера. Роздільна здатність об'єктива	Лекції – 4 год. практ. заняття – 6 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, Допоміжна:	1 тиждень
10	Поляризація світла. Формули Френеля.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, Допоміжна:	1 тиждень
11	Явище двопроменезаломлення. Інтерференція поляризованого світла	Лекції – 4 год. практ. заняття – 4 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, Допоміжна: 2	1 тиждень
12	Повертання площини поляризації	Лекції – 2 год. практ. заняття – 4 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, Допоміжна: 2	1 тиждень
13	Дисперсія світла. Взаємодія світла з речовиною. Поглинання і розсіювання.	Лекції – 4 год. практ. заняття – 4 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, Допоміжна: 2, 3	1 тиждень
14	Оптичні квантові генератори – будова, активна речовина, властивості випромінювання.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, 4 Допоміжна: 1	1 тиждень
15	Оптична голографія. Зовнішній фотоефект. Тиск світла. Властивості фотона.	Лекції – 4 год. практ. заняття – 6 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1 Допоміжна: 1	1 тиждень
16	Температурне випромінювання світла. Абсолютно чорне тіло. Опис його випромінювання. Формула Планка.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 4 год. самостійна робота – 4 год.	Базова: 1, 3, 4 Допоміжна: 1	1 тиждень