

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 № 8 від 20 червня 2022 р.)

Завідувач кафедри _____ Волошиновський А.С.

Силабус з навчальної дисципліни

“КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА І НЕЛІНІЙНА ОПТИКА”,

**що викладається в межах ОПП для підготовки бакалавра
(першого (бакалаврського) рівня вищої освіти)
для здобувачів з спеціальності 104 Фізика та астрономія**

Львів

Назва дисципліни	Квантова електроніка і нелінійна оптика
Адреса викладання дисципліни	79005, м. Львів, вул. Кирила і Мефодія, 8
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Фізичний факультет, кафедра експериментальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки Спеціальність: <i>104 Фізика та астрономія</i> Спеціалізації: <i>Комп'ютерна фізика.</i>
Викладачі дисципліни	Малий Т.С., кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики
Контактна інформація викладачів	m24tar@gmail.com
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
Сторінка дисципліни	
Інформація про дисципліну	Широке зацікавлення у розвитку й застосуванні лазерної техніки зумовлене очевидною перспективністю її використання в процесі вирішення таких нових наукових і технічних проблем, які іншими засобами розв'язати неможливо. Лазерна фізика поєднує в собі такі розділи фізики як квантова електроніка, нелінійна оптика і квантова оптика. З винайденням лазерів – сталося своєрідне злиття оптики з радіофізикою, поглибилися поняття когерентності, не лінійності оптичних явищ.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Квантова електроніка і нелінійна оптика» є навчальною дисципліною з спеціальності: 104 – Фізика та астрономія, яка викладається у 8-му семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Мета: ознайомлення з фізичними основами квантової радіофізики і нелінійної оптики та найважливішими характеристиками відповідних приладів. Основна увага приділяється фізиці і техніці лазерів і типовим явищам нелінійної оптики. Завдання: висвітлення фізичних основ та основних теоретичних засад квантової електроніки і нелінійної оптики, систематичний огляд найновіших експериментальних даних з даного предмета.
Література для вивчення дисципліни	1. Довгий Я.О. Лазерний практикум. Навчальний посібник. Львів: В-во ЛНУ, 2004. – 210с. 2. Білий М.У. Основи нелінійної оптики та її застосування.

	<p>Навч. посібник. К.: Вид. центр "Київський Університет", 1999. – 172 с.</p> <p>3. Байбородин Ю.В. Основы лазерной техники. К.: "Вища школа", 1988. – 383 с.</p> <p>4. Григорук В.І., Коротков П.А., Хижняк А.І. Лазерна фізика. К., 1997. – 480 с.</p> <p>5. Довгий Я.О., Кітик І.В. Електронна будова і оптика нелінійних кристалів. Львів: "Світ", 1996. – 176 с.</p> <p>6. Милославский В.К. Нелинейная оптика. Х.: Вид. центр ХНУ, 2008. – 312 с.</p>
Тривалість курсу	Один семестр (8 семестр)
Обсяг курсу	90 годин, з яких 48 год. аудиторних занять, з них 16 год. лекцій, 32 год. лабораторних занять та 42 год. самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> • історію виникнення квантової електроніки та роль праць вітчизняних фізиків у цій галузі; • основні фізичні ідеї, що лежать в основі квантових генераторів і підсилювачів; • характеристики різних типів лазерних активних середовищ; • системи збудження активних середовищ; • механізми створення інверсної заселеності рівнів; • елементи дифракційної теорії оптичних резонаторів; • конструктивні особливості лазерів різних типів; • енергетичні характеристики лазерних установок різних типів; • параметри часової та просторової когерентності; • характеристики лазерів з керованою добротністю; • лазери для голографії; • лазери для техніки, медицини та ін.; • основні положення техніки безпеки при роботі з лазерними установками; • фізичні основи явищ нелінійної оптики; • нелінійно-оптичні кристали: симетрійний і технологічний аспект; • принципи класифікації явищ нелінійної оптики; • фізичні механізми нелінійно-оптичних явищ генерації гармонік, вимушеного комбінаційного розсіювання, самофокусування, двофотонного поглинання тощо. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • розраховувати питому інверсійність активних середовищ твердотільних лазерів; • здійснювати діагностику лазерних активних середовищ; • розраховувати ефективності оптичних освітлювачів; • застосовувати основні прийоми юстування резонаторів, оцінки їх якості та добротності; • розраховувати оптичні параметри багатошарових лазерних дзеркал; • аналізувати модову структуру генерації; • здійснювати селекцію мод;

	<ul style="list-style-type: none"> • застосовувати методи стабілізації роботи лазерів; • досліджувати пічкову структуру генерації; • здійснювати Q-модуляцію; • оптимально вибирати тип серійного лазера для поставленої мети; • розраховувати конструктивні параметри імпульсних твердотільних лазерів; • вимірювати енергетичні характеристики лазерів; • вимірювати кути розбіжності лазерного випромінювання; • визначати ступінь когерентності; • здійснювати юстування лазерних систем з підсилювачами; • охарактеризувати структурні та симетрійні особливості високоефективних нелінійно-оптичних матеріалів.
Ключові слова	Лазери, нелінійна оптика, оптичні підсилювачі, голографія
Формат курсу	Очний: лекції, лабораторні заняття, самостійна робота та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	Наведено у табл. 1.
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з: Атомна фізика, Оптика, Техніка і методи спектрального аналізу.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, виконання лабораторних робіт, підготовка доповідей, рефератів.
Необхідне обладнання	Лекційні заняття – мультимедійна установка та ноутбук. Лабораторні заняття – обладнання навчальних лабораторій: Лазерної лабораторії та Оптики і спектроскопії твердого тіла.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100- бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • робота на лекціях – 10 балів; • допуск до лабораторних робіт та захист лабораторних робіт – 40 балів; • контрольна перевірка знань за змістовими модулями – 40 балів. • Підсумкове заняття – 10 балів. Разом – 100 балів. <ul style="list-style-type: none"> • Підсумкова максимальна кількість балів: 100.
Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)	<ul style="list-style-type: none"> • Квантові стандарти частоти. • Мазери: принцип роботи, конструктивні особливості, основні характеристики. • Спонтанне та індуковане випромінювання • Інверсна заселеність енергетичних станів • Рубін, кристалічна структура і властивості. Енергетична схема і спектри рубіна.

	<ul style="list-style-type: none"> • Лазери на центрах забарвлення • Активні середовища напівпровідникових лазерних кристалів. • Активні середовища рідинних лазерів. • Ексімерні лазери • Лазери на вільних електронах. • Моді коливач резонатора. • Хімічні лазери. • Часова та просторова когерентність • Добротність резонатора при урахуванні різних видів енергетичних втрат. • Особливості і характеристики імпульсного режиму • Порівняльна характеристика оптичних резонаторів різних типів • Оптичне збудження. • Принцип Q-модуляції • Активні і пасивні модулятори добротності лазерів • Енергетичні характеристики лазерного випромінювання. • Характеристика та енергетичні схеми активних середовищ газових лазерів: гелій-неонових • Газорозрядне збудження. • Матеріали для дзеркал, методи виготовлення дзеркал та контролю їх оптичних характеристик. • Потужність безперервної генерації. • Нелінійна поляризація діелектриків. • Генерація гармонік оптичного діапазону. • Самофокусування оптичних променів. • Параметрична генерація світла.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Квантова електроніка і нелінійна оптика»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	Вступ	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
2	Фізичні основи квантової електроніки. Фізичні основи лазерів	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
3	Активні середовища лазерів	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
4	Системи збудження	Лекції – 2 год.		1 тиждень

	в різних типах лазерів	лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		
5	Оптичні резонатори	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
6	Властивості лазерного випромінювання	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
7	Лазери з керованою добротністю. Оптичні підсилювачі	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
8	Фізичні основи і класифікація явищ нелінійної оптики	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень