

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 № 18 від 01 червня 2021 р.)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Волошиновський А.С.

**Силабус з навчальної дисципліни**

**“КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА”**,

**що викладається в межах ОПІ для підготовки бакалавра  
(першого (бакалаврського) рівня вищої освіти)  
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали**

Львів

<b>Назва дисципліни</b>	Квантова електроніка
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	79005, м. Львів, вул. Кирила і Мефодія, 8
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Фізичний факультет, кафедра експериментальної фізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	10 Природничі науки Спеціальність: <i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i> Спеціалізація: <i>Нанофізика та наноматеріали. Комп'ютерні технології у прикладній фізиці.</i>
<b>Викладачі дисципліни</b>	Малий Т.С., кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:m24tar@gmail.com">m24tar@gmail.com</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
<b>Сторінка дисципліни</b>	
<b>Інформація про дисципліну</b>	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. З винайденням лазерів – сталося своєрідне злиття оптики з радіофізикою, поглибилися поняття когерентності, нелінійності оптичних явищ.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна «Квантова електроніка і нелінійна оптика» є навчальною дисципліною з спеціальності: 104 – Фізика та астрономія, яка викладається у 8-му семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<b>Мета:</b> 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. <b>Завдання:</b> висвітлення фізичних основ та основних теоретичних засад квантової електроніки і нелінійної оптики, систематичний огляд найновіших експериментальних даних з даного предмета.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Довгий Я.О. Лазерний практикум. Навчальний посібник. Львів: В-во ЛНУ, 2004. – 210с.</li> <li>2. Білий М.У. Основи нелінійної оптики та її застосування. Навч. посібник. К.: Вид. центр "Київський Університет", 1999. – 172 с.</li> <li>3. Байбородин Ю.В. Основы лазерной техники. К.: "Вища</li> </ol>

	<p>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>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр (8 семестр)
<b>Обсяг курсу</b>	150 годин, з яких 64 год. аудиторних занять, з них 32 год. лекцій, 32 год. лабораторних занять та 86 год. самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>У результаті вивчення даного курсу студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• історію виникнення квантової електроніки та роль праць вітчизняних фізиків у цій галузі;</li> <li>• основні фізичні ідеї, що лежать в основі квантових генераторів і підсилювачів;</li> <li>• характеристики різних типів лазерних активних середовищ;</li> <li>• системи збудження активних середовищ;</li> <li>• механізми створення інверсної заселеності рівнів;</li> <li>• елементи дифракційної теорії оптичних резонаторів;</li> <li>• конструктивні особливості лазерів різних типів;</li> <li>• енергетичні характеристики лазерних установок різних типів;</li> <li>• параметри часової та просторової когерентності;</li> <li>• характеристики лазерів з керованою добротністю;</li> <li>• лазери для голографії;</li> <li>• лазери для техніки, медицини та ін.;</li> <li>• основні положення техніки безпеки при роботі з лазерними установками;</li> <li>• фізичні основи явищ нелінійної оптики;</li> <li>• нелінійно-оптичні кристали: симетрійний і технологічний аспект;</li> <li>• принципи класифікації явищ нелінійної оптики;</li> <li>• фізичні механізми нелінійно-оптичних явищ генерації гармонік, вимушеного комбінаційного розсіювання, самофокусування, двофотонного поглинання тощо.</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• розраховувати питому інверсійність активних середовищ твердотільних лазерів;</li> <li>• здійснювати діагностику лазерних активних середовищ;</li> <li>• розраховувати ефективності оптичних освітлювачів;</li> <li>• застосовувати основні прийоми юстування резонаторів, оцінки їх якості та добротності;</li> <li>• розраховувати оптичні параметри багат шарових лазерних дзеркал;</li> <li>• аналізувати модову структуру генерації;</li> <li>• здійснювати селекцію мод;</li> <li>• застосовувати методи стабілізації роботи лазерів;</li> <li>• досліджувати пічкову структуру генерації;</li> <li>• здійснювати Q-модуляцію;</li> <li>• оптимально вибирати тип серійного лазера для</li> </ul>

	<p>поставленої мети;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• розраховувати конструктивні параметри імпульсних твердотільних лазерів;</li> <li>• вимірювати енергетичні характеристики лазерів;</li> <li>• вимірювати кути розбіжності лазерного випромінювання;</li> <li>• визначати ступінь когерентності;</li> <li>• здійснювати юстування лазерних систем з підсилювачами;</li> <li>• охарактеризувати структурні та симетричні особливості високоефективних нелінійно-оптичних матеріалів.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Лазери, нелінійна оптика, оптичні підсилювачі, голографія
<b>Формат курсу</b>	Очний: лекції, лабораторні заняття, самостійна робота та консультації для кращого розуміння тем.
<b>Теми</b>	Наведено у табл.1.
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	іспит в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з: Атомна фізика, Оптика, Техніка і методи спектрального аналізу.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, дискусія, виконання лабораторних робіт, підготовка доповідей, рефератів.
<b>Необхідне обладнання</b>	Лекційні заняття – мультимедійна установка та ноутбук. Лабораторні заняття – обладнання навчальних лабораторій: Лазерної лабораторії та Оптики і спектроскопії твердого тіла.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100- бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• робота на лекціях – 10 балів;</li> <li>• допуск до лабораторних робіт та захист лабораторних робіт – 20 балів;</li> <li>• контрольна перевірка знань за змістовими модулями – 10 балів.</li> <li>• оцінка за змістом наукових рефератів – 10 балів</li> </ul> <p>Разом – 50 балів. Іспит – 50 балів.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Підсумкова максимальна кількість балів: 100.</li> </ul>
<b>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основні принципи нелінійної оптики.</li> <li>• Гелій-неоновий лазер.</li> <li>• Газорозрядне збудження.</li> <li>• Рубіновий лазер.</li> <li>• Матеріали для дзеркал, методи виготовлення дзеркал та контролю їх оптичних характеристик.</li> <li>• Лазери на вільних електронах.</li> <li>• Мазери: принцип роботи, конструктивні особливості, основні характеристики.</li> <li>• Лазери на барвниках.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Спонтанне та індуковане випромінювання. Інверсна заселеність енергетичних станів.</li> <li>• Аргонний лазер.</li> <li>• Рубін, кристалічна структура і властивості. Енергетична схема і спектри рубіна.</li> <li>• Ексімерні лазери.</li> <li>• Активні середовища напівпровідникових лазерних кристалів.</li> <li>• Напівпровідникові лазери.</li> <li>• Активні середовища рідинних лазерів.</li> <li>• Неодимовий лазер.</li> <li>• Моди коливань резонатора.</li> <li>• Аргонний лазер.</li> <li>• Оптичне збудження.</li> <li>• Лазери на барвниках.</li> <li>• Моди коливань лазера.</li> <li>• Енергетичні характеристики лазерного випромінювання.</li> <li>• Ексімерні лазери.</li> <li>• Активні і пасивні модулятори добротності лазерів.</li> </ul>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Квантова електроніка»

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.	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
3	Фізичні основи квантової електроніки.	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
4	Фізичні основи лазерів.	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
5	Фізичні основи лазерів.	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
6	Активні середовища лазерів	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
7	Активні середовища лазерів	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень

8	Системи збудження в різних типах лазерів	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
9	Системи збудження в різних типах лазерів	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
10	Оптичні резонатори	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
11	Властивості лазерного випромінювання	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
12	Властивості лазерного випромінювання	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
13	Лазери з керованою добротністю.	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
14	Оптичні підсилувачі	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень
15	Фізичні основи і класифікація явищ нелінійної оптики	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.		1 тиждень
16	Огляд найважливіших нелінійно-оптичних ефектів	Лекції – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна робота – 5 год.		1 тиждень