

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука

Затверджено

На засіданні кафедри теоретичної фізики
імені професора Івана Вакарчука
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)

Завідувач кафедри  Володимир ТКАЧУК

Силабус
з навчальної дисципліни «Квантова оптика»,
що викладається в межах
ОНП «Квантові комп'ютери та квантове програмування»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 104 Фізика та астрономія

Львів 2023

| | |
|--|---|
| Назва дисципліни | Квантова оптика |
| Адреса викладання дисципліни | вул. Драгоманова, 19, 79005, м. Львів |
| Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна | фізичний факультет, кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука |
| Галузь знань, шифр та назва спеціальності | Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія |
| Викладач дисципліни | Стецько Микола Миколайович, доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к. ф.-м.н. |
| Контактна інформація викладача | mykola.stetsko@lnu.edu.ua; mstetsko@gmail.com |
| Консультації з курсу відбуваються | Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram. |
| Сторінка курсу | https://physics.lnu.edu.ua/course/kvantova-optyka-...e-prohramuvannia |
| Інформація про дисципліну | Дисципліна «Квантова оптика» є нормативною дисципліною для підготовки магістра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в III семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). |
| Коротка анотація дисципліни | Дисципліна «Квантова оптика» присвячена вивченню основ квантової теорії електромагнітного поля і взаємодії з ним атомів. |
| Мета та цілі дисципліни | Метою даної дисципліни є одержання студентами знань основних концепцій і моделей квантової теорії електромагнітного поля. Завданням курсу є формування в студентів знань про квантові властивості світла та експерименти з окремими фотонами. |
| Література для вивчення дисципліни | Базова: <ol style="list-style-type: none"> 1. C. Gerry and P. Knight, <i>Introductory Quantum Optics</i>, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2005. - 317 p. 2. G. Grynberg, A. Aspect, C. Fabre, <i>Introduction to Quantum Optics</i>, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 2010. - 665 p. 3. J. C. Garrison, R. Y Chiao, <i>Quantum Optics</i>, Oxford Univ. Press, Oxford, UK, 2008. – 710 p. Допоміжна: <ol style="list-style-type: none"> 1 Z. Ficek and M.R.Wahiddin, <i>Quantum Optics for Beginners</i> (Jenny Stanford Publishing, 2014). <p>Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо.</p> Інформаційні ресурси: <ol style="list-style-type: none"> 4. https://arxiv.org |
| Тривалість курсу | один семестр |
| Обсяг курсу | 90 годин, з яких 32 годин аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 16 години лабораторних занять, та 58 годин самостійної роботи. |
| Очікувані результати навчання | В результаті вивчення даного курсу студенти повинні знати: основні концепції теорії квантового електромагнітного поля, моделі атома, що взаємодіє з полем вміти: аналізувати експерименти з окремими фотонами <i>Загальні компетентності</i> ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. |

| | |
|---|--|
| | <p><i>Спеціальні компетентності</i></p> <p>СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.</p> <p>СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем у галузі фізики та/або астрономії.</p> <p>СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання у галузі фізики та астрономії та інтегрувати їх з уже наявними, а також самостійно опановувати знання та навички, необхідні для розв’язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних галузях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.</p> <p>СК08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі у галузі фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв’язання, беручи до уваги наявні ресурси.</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i></p> <p>РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та/або астрономії, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.</p> <p>РН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись з колегами.</p> <p>РН13. Створювати фізичні, математичні і комп’ютерні моделі природних об’єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p> |
| Ключові слова | Квантова оптика, резонатор, фотон, модель Рабі, модель Джейнса-Камінгза, функції когерентності |
| Формат курсу | Очний |
| | проведення лекцій, лабораторних занять і консультації для кращого розуміння тем |
| Теми | Наведено у таблиці 1 |
| Підсумковий контроль, форма | Підсумковий контроль: залік в кінці семестру. Форма: усна. |
| Пререквізити | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань квантової механіки, класичної електродинаміки, оптики та методів математичної фізики. |
| Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу | Презентації, лекції, робота за комп’ютером. |
| Необхідне обладнання | персональний комп’ютер, проектор |
| Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності) | Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: а. робота на лабораторних заняттях під час семестру: 20% сумарної оцінки; максимальна кількість балів — 20 відповідно до такої шкали: 16–20 — активна участь у 7–8 заняттях; 11–15 — активна участь у 5–6 заняттях; 6–10 — активна участь у 3–4 заняттях; |

| | |
|--|---|
| | <p>1–5 — активна участь у 1–2 заняттях; 0 — жодної активної участі в лабораторних заняттях;</p> <p>б. підсумкове тестування за двома змістовими модулями (по 25 балів): 50% сумарної оцінки; максимальна кількість балів — 50;</p> <p>с. розширена доповідь (або декілька доповідей) на лабораторних заняттях за тематикою курсу (усереднена оцінка): 30% сумарної оцінки; максимальна кількість балів — 30 відповідно до такої шкали: 24–30 — студент повністю володіє матеріалом; 18–23 — рівень володіння матеріалом достатній; 12–17 — рівень володіння матеріалом частковий; 1–11 — студент майже не володіє матеріалом; 0 — доповіді не було.</p> <p>Максимальна семестрова кількість балів — 100. Додаткові бали (до 10 включно) можна отримати: написання тез, статті, участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни.</p> <p>Підсумкова максимальна кількість балів — 100.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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 запізнь 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.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p> |
| <p>Питання на залік (чи питання на контрольні роботи)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Квантування одномодового поля. 2. Багатомодові поля. 3. Оператор фази. 4. Когерентні стани. 5. Взаємодія атома з електромагнітним полем. Пертурбативний підхід. 6. Модель Рабі. 7. Модель Джейнса-Камінгза. 8. Класичні функції когерентності. |

| | |
|-------------------|--|
| | <p>9. Квантові функції когерентності.</p> <p>10. Функції когерентності вищих порядків.</p> <p>11. Квантова механіка світлоподільвача і інтерферометрія.</p> <p>12. Стиснені стани світла.</p> <p>13. Стани світла “Кіт Шредінгера”.</p> <p>14. Рідбергові атоми в резонаторах.</p> |
| Опитування | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу. |

Таблиця 1

Схема курсу «Квантова оптика»

| Тижні | Тема занять (перелік питань) | Форма діяльності та обсяг годин | Термін виконання |
|-------|---|--|------------------|
| 1–2 | Тема 1. Вступ. Квантування одномодового поля. Багатомодові поля. Література: Б1, Б2, Б3, Д1. | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год. самостійна робота — 7 год. | 2 тижні |
| 3–4 | Тема 2. Оператор фази. Когерентні стани. Література: Б1, Б2, Б3, Д1 | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год. самостійна робота — 7 год. | 2 тижні |
| 5–6 | Тема 3. Взаємодія атома з електромагнітним полем. Пертурбативний підхід. Література: Б1, Б2, Б3 | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год. самостійна робота — 8 год. | 2 тижні |
| 7–8 | Тема 4. Модель Рабі. Модель Джейнса-Камінгза. Література: Б1, Б3. | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год. самостійна робота — 7 год. | 2 тижні |
| 9–10 | Тема 5. Класичні функції когерентності. Квантові функції когерентності. Функції когерентності вищих порядків. Література: Б1, Б2, Б3 | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год. самостійна робота — 7 год. | 2 тижні |
| 11–12 | Тема 6. Квантова механіка світлоподільвача і інтерферометрія. Література: Б1, Б2, Б3, Д1. | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год. самостійна робота — 7 год. | 2 тижні |
| 13–14 | Тема 7. Стиснені стани світла. Стани світла “Кіт Шредінгера”. Література: Б1, Б2, Б3 | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год., самостійна робота — 7 год. | 2 тижні |
| 15–16 | Тема 8. Рідбергові атоми в резонаторах. Література: Б1, Б2, Д1 | Лекції — 2 год. лабораторні — 2 год. самостійна робота — 8 год. | 2 тижні |