

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 «Квантові комп'ютери»,
що викладається в межах
ОПП «Комп'ютерні технології в прикладній фізиці»
ОПП «Нанофізика та наноматеріали»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2023

Назва дисципліни	Квантові комп'ютери
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 – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладач дисципліни	доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к.ф.-м.н., доц. Стецко Микола Миколайович
Контактна інформація викладача	mykola.stetsko@lnu.edu.ua ; mstetsko@gmail.com https://physics.lnu.edu.ua/employee/stetsko-m-m
Консультації з курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram.
Сторінка курсу	
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Квантові комп'ютери» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, яка викладається в VIII семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	У дисципліні «Квантові комп'ютери» висвітлюються фізичні основи та задачі квантової інформації, яка є фундаментальним розділом теоретичної фізики.
Мета та цілі дисципліни	Мета: формування в майбутнього фізика розуміння квантової інформації, законів мікросвіту. Завдання: навчити студентів самостійно розв'язувати задачі квантової інформації.
Література для вивчення дисципліни	Базова: 1. Ткачук В. М., Фундаментальні проблеми квантової механіки. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 144 стор. http://www.ktf.franko.lviv.ua/books/Tkachuk-FPQM.pdf 2. Вакарчук І. О., Квантова механіка (видання четверте, доповнене). Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 872 стор. http://www.ktf.franko.lviv.ua/personal/vakarchuk.html 3. Вакарчук І. О., Кулій Т. В., Кнігініцький О. В., Ткачук В. М.. Збірник задач з квантової механіки. Львів, 1996. Допоміжна: 4. Юхновський І. Р. Квантова механіка. К., 1995. 5. Dirac P. A. M. Principles of quantum mechanics Oxford at the Clarendon press, 1947. 6. Horodecki R. Quantum information Acta Phys. Pol. A 139, 197 (2021). Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо. Інформаційні ресурси: 1. https://arxiv.org/ 2. https://scholar.google.com.ua/schhp?hl=uk
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 64 годин аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 32 години лабораторних занять, та 26 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	В результаті вивчення даного курсу студенти повинні знати основні поняття та принципи квантової інформації розв'язки найпростіших задач квантової інформації.

	<p>вміти: застосовувати математичний апарат квантової механіки для розв'язання найпростіших задач квантової інформації.</p> <p>Загальні компетентності ЗК_1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК_2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК_9. Здатність працювати автономно.</p> <p>Спеціальні компетентності 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.</p> <p>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу: 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.</p>
Ключові слова	Кубіт, сфера Блоха, матриця густини, квантова перевага
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.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують знань основних положень квантової механіки
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу	Презентації, лекції, робота за комп'ютером.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми й операційні системи, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • робота на лабораторних заняттях під час семестру: максимальна кількість балів — 30 відповідно до такої шкали: 21–30 — активна участь у 7–9 заняттях; 11–20 — активна участь у 4–6 заняттях; 1–10 — активна участь у 1–3 заняттях; 0 — жодної активної участі в лабораторних заняттях; • підсумкова контрольна робота: максимальна кількість балів — 20; кожне завдання на контрольній роботі оцінюється у такій пропорції від максимальної кількості балів: 100% — завдання виконане повністю правильно; 75% — незначні недоліки у виконанні завдання; 50% — завдання виконане частково; 25% — зазначено лише вихідні вирази для виконання завдання; 0 — відповідь відсутня; • іспит: Максимальна кількість балів 50. <p>Білет на іспиті складається з 2 розширених завдань (по 15 балів) і 4 завдань (по 5 балів).</p>

	<p>Академічна добросесність 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 недобросесності. Виявлення ознак академічної недобросесності 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 недобросесності не толеруються.</p>
<p>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Квантові стани кубіта 2. Фізична реалізація кубіта 3. Матриця густини 4. Властивості матриці густини 5. Чисті та змішані стани 6. Сфера Блоха 7. Вектор Блоха 8. Квантова телепортація 9. Квантова криптографія 10. Заплутаність квантових станів 11. Квантова перевага
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Схема курсу “ Квантові комп’ютери”

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
Змістовий модуль 1				
1–2	Тема 1. Квантовий біт Квантовий біт та його фізична реалізація. Квантові стани кубіта	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4	2 тижні
3–4	Тема 2. Сфера Блоха Сфера Блоха. Вектор Блоха	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4	2 тижні
5–6	Тема 3. Чисті та змішані стани Чисті стани. Змішані стани. Матриця густини.	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4	2 тижні
7–8	Тема 4. Властивості матриці густини. Виведення властивостей матриці густини	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4, 6	2 тижні
Змістовий модуль 2				
9–10	Тема 5. Заплутаність квантових станів Узгодженість двокубітних квантових станів	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4	2 тижні
11–12	Тема 6. Квантова телепортація Схема квантової телепортації	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4	2 тижні
13–14	Тема 7. Квантова криптографія Схеми квантової криптографії	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4	2 тижні
15–16	Тема 8. Особливості квантових обчислень Квантова перевага	Лекції — 4 год. лабораторні — 4 год. (контрольна робота) самостійна робота — 7 год.	Б: 1–3; Д: 4, 6	2 тижні