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

Затверджено
На засіданні кафедра теоретичної фізики
імені професора Івана Вакарчука
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2022 р.)
Завідувач кафедри проф. Ткачук В.М.

Силабус
з навчальної дисципліни «Класичні та квантові мережі», що викладається в межах ОПП «Квантові комп'ютери та квантове програмування» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів спеціальності 104 Фізика та астрономія

Львів 2022

Назва дисципліни	Класичні та квантові мережі
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 – 04 Фізика та астрономія
Викладач дисципліни	Лектор: доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к.ф.-м.н Самар Микола Іванович
Контактна інформація викладача	mykola.samar@lnu.edu.ua; https://physics.lnu.edu.ua/employee/samar-m-i
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 «Класичні та квантові мережі» є обовязковою дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в VI семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Розглядаються основні поняття та методи теорії графів, а також їх застосування при розв'язуванні прикладних задач.
Мета та цілі дисципліни	**Мета:** ознайомлення з студентів базовими поняттями і методами теорії графів. **Завдання:** сформувати у студентів вміння ефективно використовувати апарат дискретної математики в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру.
Література для вивчення дисципліни	**Базова** 1. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Дискретна математика. К.: Видавнича група BHV, 2007, 368с 2. Капітонова Ю.В., Кривий С.Л. Летичевський О.А., Луцький Г.М., Печурін М.К. Основи дискретної математики. К.: Наукова думка, 2002, 560 с. **Допоміжна** 1. Плотников А.Д. Дискретная математика: учеб. пособие. М.: Новое знание, 2005, 288 с. 2. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов: СПб.: Питер, 2009, 384 с. **Інформаційні ресурси** 1. MathWorld: the web most extensive mathematics resource. – http: // mathworld.wolfram.com 2. Wikipedia. – http://www.wikipedia.org
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	120 годин, з яких 80 годин аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 48 години практичних занять, та 40 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	*Курс формує такі загальні та спеціальні компетентності:* **К04.** Здатність бути критичним і самокритичним. **К06.** Навички міжособистісної взаємодії. **К08.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт **К16.** Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

	К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів. **К24.** Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації. **К26.** Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю. **К28.** Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. **К31.** Здатність програмувати на квантових комп'ютерах. *Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:* **ПР01.** Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії. **ПР05.** Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. **ПР07.** Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації. **ПР09.** Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. **ПР10.** Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. **ПР28.** Розуміти можливості застосування квантового програмування для розв'язання прикладних задач
Ключові слова	Граф, орграф, мережа,
Формат курсу	Очний
	проведення лекцій, практичних занять і консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	Екзамен в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базові знання з математики
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, розв'язок задач, підготовка доповідей. Передбачено ілюстрування лекційного матеріалу схемами та графіками.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми й операційні системи, проєктор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: • практичні/самостійні тощо: 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 10; • контрольні заміри: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість

	балів — 40; • іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів — 50. Підсумкова максимальна кількість балів — 100. **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 (чи питання на контрольні роботи)	Формальне означення графа. Графи та бінарні відношення. Вершини та ребра. Суміжність вершин, інцидентність вершин та ребер, степінь вершини. Лема "про рукостискання" та її наслідки. Операції над графами. Способи задання графів. Пакування, покриття, домінуючі множини. Правильне розфарбування вершин і ребер графа. Маршрути в графах та їх різновиди. Якісні ознаки зв'язності. Точки зчленування, мости. Найкоротші ланцюги. Відстань між вершинами. Ексцентриситет, радіус, діаметр, центр. Ейлерові графи. Теорема Ейлера. Гамільтонові графи. Дерево, ліс. Ізоморфізм графів. Інваріанти ізоморфних графів. Планарність. Укладання графа. Плоскі та планарні графи. Теорема Ейлера та властивості планарних графів. Критерії планарності. Максимальний плоский граф. Тріангуляція. Розфарбування. Хроматичне число графа. Гіпотеза чотирьох фарб та теорема про п'ять фарб для планарних графів. Орієнтовані графи. Модель орграфа. Суміжність вершин, інцидентність вершин та ребер, степінь вершини Обернений граф. Принцип орієнтованої двоїстості. "Орлема про рукостискання". Маршрути в орграфах. Досяжність вершин. Відстань між вершинами. Класифікація вершин орграфа. Типи зв'язності. Безконтурні орграфи. Орієнтація графа.

	Турніри. Мережі. Максимальний потік мережі. Мінімальний розріз. Мережеві діаграми.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Класичні та квантові мережі»

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1–2	Виникнення теорії графів. Неформальне поняття графа. Формальне означення графа. Графи та бінарні відношення. Вершини та ребра. Суміжність вершин, інцидентність вершин та ребер, степінь вершини. Лема “про рукостискання" та її наслідки.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
3–4	Операції над графами. Способи задання графів. Пакування, покриття, домінуючі множини.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
5–6	Правильне розфарбування вершин і ребер графа. Маршрути в графах та їх різновиди. Перебудова маршрутів. Зв’язані вершини, компоненти зв’язності.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
7–8	Якісні ознаки зв’язності. Точки зчленування, мости. Найкоротші ланцюги. Відстань між вершинами. Ексцентриситет, радіус, діаметр, центр. Ейлерові графи. Теорема Ейлера.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
9–10	Гамільтонові графи. Дерево, ліс. Основні властивості дерев. Кістякові дерева й ліси. Ізоморфізм графів. Інваріанти ізоморфних графів.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
11–12	Планарність. Укладання графа. Плоскі та планарні графи. Теорема Ейлера та властивості планарних графів. Критерії планарності. Максимальний плоский граф. Тріангуляція. Розфарбування. Хроматичне число графа. Гіпотеза чотирьох фарб та теорема про п’ять фарб для планарних графів.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
13–14	Орієнтовані графи. Модель орграфа. Суміжність вершин, інцидентність вершин та ребер, степінь вершини Обернений граф. Принцип орієнтованої двоїстості. "Орлема про рукостискання". Маршрути в орграфах. Маршрути, шляхи, контури.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
15–16	Досяжність вершин. Відстань між вершинами. Класифікація вершин орграфа. Типи зв’язності. Безконтурні орграфи. Орієнтація графа. Турніри. Мережі. Максимальний потік мережі. Мінімальний розріз. Мережеві діаграми.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні