

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра прикладної математики

Затверджено

На засіданні
кафедри прикладної математики
факультету прикладної математики та
інформатики
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31 серпня 2023 р.)



Завідувач кафедри

Юрій ЯЩУК

Силабус з навчальної дисципліни
“Основи квантових обчислень”,
що викладається в межах ОПП Прикладна математика
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 113 – прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Основи квантових обчислень
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра прикладної математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 Математика та статистика 113 Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Ящук Юрій Олександрович, доцент кафедри прикладної математики.
Контактна інформація викладачів	yuriy.yashchuk@lnu.edu.ua ; https://ami.lnu.edu.ua/employee/yaschuk ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 278. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
Сторінка курсу	https://ami.lnu.edu.ua/course/osnovy-kvantovych-obchyslen
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Основи квантових обчислень” є нормативною дисципліною з спеціальності 113 – прикладна математика для освітньої програми Прикладна математика, яка викладається в 2-му семестрі (3 кредити ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс передбачає вивчення основних принципів квантових обчислень та технології для імплементації квантових алгоритмів. У курсі представлено огляд основних положень квантової механіки, математичні принципи квантових обчислень, основи мови Q# та розглянуто деякі найвідоміші квантові алгоритми.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Основи квантових обчислень» є ознайомлення студентів із найбільш перспективною інноваційною методологією обчислень, а саме вивчення студентами основних принципів квантових обчислень, отримання базових навичок розробки квантових алгоритмів та їх реалізації мовою Q#.
Література для вивчення дисципліни	Основна: 1. Laforest M. The Mathematics of Quantum Computing. University of Waterloo, 2015 – 111 pp. 2. https://docs.microsoft.com/uk-ua/azure/quantum/user-guide Додаткова: 3. Ткачук В. М. Фундаментальні проблеми квантової механіки. В-во ЛНУ ім. І. Франка, – 2011 р. – 145 с. 4. Wojcieszyn F. Introduction to Quantum Computing with Q# and QDK. Springer, 2022. – 286 pp.

	<p>5. Кобушкін О. П. Квантова механіка. Навчальний посібник. Київ, 2016. – 253 с.</p> <p>6. Nielsen M., Chuang I. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2010. – 704 pp.</p> <p>7. Rieffel E., Polak W. Quantum Computing. A Gentle Introduction. The MIT Press, 2011. – 386pp.</p> <p>8. https://docs.microsoft.com/uk-ua/samples/microsoft/quantum/simple-quantum-algorithms</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 90 годин (аудиторних занять: 32 год., з них 16 год. лекцій та 16 год. лабораторних робіт; самостійної роботи: 58 год).
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основні принципи квантової механіки - Основні поняття квантової інформації - Математичні основи квантової механіки - Основні принципи мови Q# - Принципи роботи квантових алгоритмів <p>Вміти</p> <ul style="list-style-type: none"> - Виконувати операції над кубітами - Аналізувати квантові алгоритми - Імплементувати найпростіші квантові алгоритми мовою Q# <p>Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання:</p> <p>Загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. <p>Спеціальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - СК09. Здатність підвищувати ефективність обчислювальних схем та алгоритмів. - СК13. Знання сучасних та перспективних технологій обчислень та програмування. <p>Програмні результати навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ПРН06. Визначати найбільш ефективний метод розв'язування задачі з точки зору обчислювальних затрат та точності отриманих результатів. - ПРН13. Розуміти, аналізувати і застосовувати на практиці актуальні та перспективні моделі обчислень, а також технології програмування.
Ключові слова	Квантові обчислення, кубіти, квантові оператори, квантові алгоритми.
Формат курсу	Очний. Проведення лекцій, лабораторних занять і консультацій.
Теми	Подано нижче у таблиці «Схема курсу»
Підсумковий контроль, форма	Залік.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з <ul style="list-style-type: none"> - архітектури комп'ютерів; - алгоритмізації; - програмування; - лінійної алгебри.
Навчальні методи та техніки,	Презентації, лекції (лекція-розповідь, лекція-бесіда) Індивідуальні завдання.

які будуть використовуватися під час викладання курсу	Командна робота.
Необхідне обладнання	Комп'ютер, доступ до Internet мережі.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.</p> <p>Поточне оцінювання: впродовж семестру студент може отримати 100 балів. З них:</p> <ul style="list-style-type: none"> - за роботу на лабораторних заняттях: максимальна кількість балів – 60 (3 завдання по 20 балів) - командні доповіді: максимальна кількість балів – 20. - підсумковий тест: максимальна кількість балів – 20. <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі 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 лабораторних заняттях (здача завдань), командна доповідь та бали підсумкового тестування. При цьому недопустиме користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Теми для тестів	<p>Квантові ефекти. Експеримент із двома щілинами</p> <p>Кубіт та поняття базису</p> <p>Квантова заплутаність. Постулат про вимірювання</p> <p>Квантові оператори</p> <p>Квантова схематехніка</p> <p>Базові принципи мови Q#</p> <p>Алгоритм Дойча</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Основи квантових обчислень»

Тиждень	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Тема лек. 1. Квантові ефекти. Експеримент із двома щілинами	лекція (2 год.)	[1,5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Тема лаб. 1. Середовище Quantum SDK. <i>Командне завдання: Підготувати у командах доповіді на задані теми по Q#.</i>	лабораторне (2 год.)	[2,4]	Розгортання середовища (4год.)	1/2/5 тижнів
2	Тема лек. 2. Кубіт та поняття базису	лекція (2 год.)	[1,4,6,7]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Тема лаб. 2. Кубіт та поняття базису. <i>Доповідь команди №1.</i>	лабораторне (2 год.)	[4-6]	Вправи. Вивчення мови Q# (4год.)	1 тиждень
3	Тема лек. 3. Квантова заплутаність. Постулат про вимірювання	лекція (2 год.)	[1,3,4,6,7]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Тема лаб. 3. Квантова заплутаність. Постулат про вимірювання <i>Доповідь команди №2.</i>	лабораторне (2 год.)	[4-6]	Вправи. Вивчення мови Q# (4год.)	1 тиждень
4	Тема лек. 4. Базові квантові оператори	лекція (2 год.)	[1,4,6]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Тема лаб. 4. Базові квантові оператори <i>Завдання №1. Квантові нотації та вимірювання кубітів..</i>	лабораторне (2 год.)		Вправи. Вивчення мови Q# (4год.)	1 тиждень під час заняття
5	Тема лек. 5. Операції над	лекція	[1,3,4,6]	Опрацюван	1 тиждень

	багатьма кубітами	(2 год.)		ня лекційного матеріалу (3год.)	
	Тема лаб. 5. Операції над багатьма кубітами	лабораторне (2 год.)	[1,3,4,6]	Вправи. Вивчення мови Q# (4год.)	1 тиждень
6	Тема лек. 6. Квантова схемотехніка	лекція (2 год.)	[3,4,6,7,8]	Опрацюван ня лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Тема лаб. 6. Квантова схемотехніка <i>Доповідь команди №3</i>	лабораторне (2 год.)	[1,4,6]	Вправи. Вивчення мови Q# (4год.)	1 тиждень
7	Тема лек. 7. Алгоритм Дойча.	лекція (2 год.)	[3,4,6,7,8]	Опрацюван ня лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Тема лаб. 7. Алгоритм Дойча. <i>Завдання №2. Розписати стан схеми, заданої квантової логічними елементами.</i> <i>Завдання №3. Реалізувати алгоритм Дойча</i>	лабораторне (2 год.)	[1,4,6]	Виконання завдання № 3 (6год.)	1 тиждень під час заняття 1 тиждень
8	Тема лек. 8. Інші квантові алгоритми.	лекція (2 год.)	[3,4,6,7,8]	Опрацюван ня лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Тема лаб. 8. Підсумки. <i>Здача Завдання №3. Підсумковий тест.</i>	лабораторне (2 год.)	[1-8]	Підготовка до тесту (4год.)	1 тиждень під час заняття