



Силабус курсу КВАНТОВІ ОБЧИСЛЕННЯ

Ступінь вищої освіти – магістр
Галузь знань – F Інформаційні технології
Спеціальність - F5 Кібербезпека та захист інформації
Освітньо-професійна програма – «Кібербезпека»
Дисципліна циклу: вибіркова
Рік навчання: 1
Семестр: 2
Кількість кредитів: 5
Мова викладання: українська

ППП
Контактна інформація

Керівник курсу

Михайло КАСЯНЧУК
kmm@wunu.edu.ua

Опис дисципліни

Метою дисципліни “Квантові обчислення” є формування у здобувачів ОП достатньо широкої підготовки в галузі квантової обробки інформації, оволодіння фундаментальними поняттями, законами і теоріями квантової фізики та квантових обчислень, що забезпечує їм ефективне опанування спеціальних дисциплін і подальшу можливість використання нових фізичних принципів у галузі захисту інформації.

Структура курсу

Години лек. / лаб	Тема	Результати навчання	Завдання
2 / -	Тема 1. Вступ до квантових обчислень.	Пояснити, у чому полягає відмінність між класичними та квантовими обчисленнями. Описати історію розвитку квантових обчислень та сучасний стан досліджень у цій галузі. Визначати основні завдання, які ефективніше розв’язуються квантовими алгоритмами. Орієнтуватися у ключових напрямках застосування квантових технологій (криптографія, оптимізація, моделювання).	Поточне опитування
2 / -	Тема 2. Основи квантової механіки для інформатики	Сформулювати базові постулати квантової механіки у застосуванні до обробки інформації. Пояснити принцип суперпозиції, інтерференції та колапсу хвильової функції. Інтерпретувати квантові стани за допомогою векторів та матриць.	Поточне опитування

		Розуміти роль спостереження та вимірювання у квантових обчисленнях.	
2 / -	Тема 3. Кубіти та представлення квантової інформації	Визначати поняття кубіта та його математичне подання у базисі Дірака ($ 0\rangle$, $ 1\rangle$). Пояснювати відмінність між класичним бітом та кубітом. Працювати з векторним та матричним поданням квантових станів. Аналізувати приклади суперпозиції та ймовірнісного характеру вимірювань.	Поточне опитування
2 / 2	Тема 4. Основні квантові гейти та операції	Описати основні квантові гейти (X, Y, Z, H, S, T) та їхні матричні подання. Пояснити відмінність унітарних перетворень від класичних логічних операцій. Застосовувати квантові гейти для побудови простих квантових схем. Розуміти універсальність наборів квантових гейтів та їх роль у реалізації алгоритмів.	Поточне опитування
2 / 2	Тема 5. Складені квантові системи та тензорні добутки	Пояснити поняття складених квантових систем. Застосовувати тензорні добутки для опису багатокубітних станів; Розуміти явище ентангльменту (заплутаності) та його значення для квантових обчислень. Аналізувати приклади дво- та багатокубітних систем (стан Белла, GHZ-стани тощо).	Поточне опитування
2 / -	Тема 6. Ентангльмент (заплутаність)	Пояснюють фізичну сутність явища квантової заплутаності. Аналізують приклади заплутаних станів у дво- та багатокубітних системах. Використовують заплутаність як ресурс для квантових обчислень і комунікацій.	Поточне опитування
2 / 2	Тема 7. Квантове вимірювання	Розуміють математичний апарат квантового вимірювання (оператори, проєктори). Вміють описувати колапс хвильової функції під час вимірювання. Оцінюють вплив вимірювання на еволюцію квантової системи.	Поточне опитування
2 / -	Тема 8. Принципи квантових алгоритмів	Розкривають основи побудови квантових алгоритмів: суперпозиція, паралелізм, інтерференція. Пояснюють відмінності між класичними та квантовими підходами до обчислень. Вміють застосовувати базові квантові гейти для реалізації алгоритмічних кроків..	Поточне опитування
2 / 2	Тема 9. Алгоритм Дойча – Джозі	Пояснюють постановку задачі та її обмеження.	Поточне опитування

		Будують схему реалізації алгоритму з використанням квантових гейтів. Демонструють розуміння принципу експоненційної переваги над класичними методами для конкретної задачі.	
2 / 2	Тема 10. Алгоритм Гровера для пошуку	Пояснюють механізм квадратичного прискорення пошуку. Конструюють схему Гровера для реалізації пошуку в невідсортованих базах даних. Аналізують кількість ітерацій і ймовірність успіху.	Поточне опитування
2 / -	Тема 11. Алгоритм Шора для факторизації	Пояснюють математичну основу (періодичність функцій, дискретне перетворення Фур'є). Моделюють роботу алгоритму на простих прикладах. Усвідомлюють значення алгоритму для криптографії та інформаційної безпеки.	Поточне опитування
2 / 2	Тема 12. Квантова телепортація	Описують протокол телепортації квантового стану. Пояснюють роль класичних і квантових каналів у процесі. Оцінюють значення телепортації для майбутніх квантових мереж.	Поточне опитування
2 / -	Тема 13. Квантові протоколи безпеки	Пояснюють принцип роботи квантового розподілу ключів (BB84, E91). Розуміють переваги та обмеження квантової криптографії. Моделюють основні сценарії безпечної комунікації з використанням квантових протоколів.	Поточне опитування
4 / 2	Тема 14. Основи квантової корекції помилок	Визначають джерела шумів і помилок у квантових системах. Розуміють базові схеми корекції (код Шора, код Стінена). Аналізують роль надлишковості для збереження квантової інформації.	Поточне опитування
2 / -	Тема 15. Сучасні квантові комп'ютери та перспективи	Орієнтуються у сучасних апаратних реалізаціях (суперпровідникові, іонні, фотонні). Пояснюють виклики масштабування та декогеренції. Оцінюють перспективи розвитку квантових технологій у науці, бізнесі та безпеці.	Поточне опитування

Рекомендовані джерела інформації

1. Shohini Ghose. Quantum Computing: An Applied Approach. Springer, 2023.
2. Thomas G. Draper. Introduction to Quantum Algorithms via Linear Algebra. Springer, 2021.
3. Phillip Kaye, Raymond Laflamme, and Michele Mosca. An Introduction to Quantum Computing.

Updated edition, Oxford University Press, 2023.

4. Nathalie D. Schilling. Quantum Computing: From Linear Algebra to Physical Realizations. Wiley, 2020.
5. Mingsheng Ying. Foundations of Quantum Programming. Morgan Kaufmann, 2021.
6. Qiskit Textbook (The IBM Quantum Experience Team). Learn Quantum Computation using Qiskit. Open Source, останнє оновлення: 2024. <https://qiskit.org/textbook>
7. Jack D. Hidary. Quantum Computing: An Applied Introduction. Springer, 2nd edition, 2022.
8. Cirq Documentation & Tutorials. Google AI Quantum Team. <https://quantumai.google/cirq>
9. Robert Lored, Paul Nation, and James Wootton. Programming Quantum Computers with Qiskit. O'Reilly Media, 2023.
10. Microsoft Quantum Team. Q# and the Quantum Development Kit Documentation. Microsoft Docs, 2023. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/quantum/>
11. Montanaro, A. Quantum algorithms: an overview. Quantum Information, 2, 15023 (2016) — оновлено у 2020.
12. Aaronson, S. The Future of Quantum Computing. Bulletin of the American Mathematical Society, 2022.
13. Zhao, R., et al. Quantum Machine Learning: An Overview. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2023.
14. Bharti, K., et al. Noisy Intermediate-Scale Quantum Algorithms. Reviews of Modern Physics, 2022.
15. IBM Quantum Blog / Research Publications. <https://research.ibm.com/blog/quantum>
16. D-Wave Systems – White Papers. <https://www.dwavesys.com/resources>
17. MIT OpenCourseWare: Quantum Computation. <https://ocw.mit.edu/courses/6-845-quantum-complexity-theory/> Курси професора Скотта Ааронсона.

Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів і перескладання. Для виконання усіх видів завдань здобувачами освіти і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів проводиться в установленому порядку.

Політика щодо академічної доброчесності. Списування під час проведення контрольних заходів заборонені. Під час контрольного заходу здобувач освіти може користуватися лише дозволеними допоміжними матеріалами або засобами, йому забороняється в будь-якій формі обмінюватися інформацією з іншими учасниками, використовувати, розповсюджувати, збирати варіанти контрольних завдань.

Політика щодо відвідування. За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в дистанційній формі за погодженням із керівником курсу з дозволу дирекції факультету.

Оцінювання

Модуль 1		Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
20%	20%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль	Тренінги	Самостійна робота	Екзамен
Оцінка за даний модуль визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих за виконання та захист лабораторних робіт.	Підсумкова письмова робота за темами №1-15.	Оцінка за виконання та представлення одного вибраного завдання тренінгу	Оцінка за виконаний і представлений реферат на вибрану тему.	1. Теоретичні питання: 2 питання по 30 балів - max 60 балів. 2. Практичне завдання - max 40 балів

Шкала оцінювання

За шкалою університету	За національно ю шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов’язковим повторним курсом)