



**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення



СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КВАНТОВА ІНФОРМАТИКА

першого рівня вищої освіти

м. Кропивницький

1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Квантова інформатика
Викладач	Лектор – Марченко Костянтин Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення
Контактний телефон	службовий: (0522)390-449 – робочі дні з 8 ³⁰ до 14 ²⁰
E-mail:	k_marchenko@i.ua
Консультації	<i>Очні консультації</i> відповідно до затвердженого графіку консультацій <i>Онлайн консультації</i> засобами електронної пошти, месенджерів (Facebook-Messenger / Viber / Telegram) у робочі дні

2. Анотація дисципліни

Курс «Квантова інформатика» орієнтована на формування у здобувачів вищої освіти базових теоретичних знань і практичних уявлень щодо принципів квантових обчислень, будови та функціонування квантових комп'ютерів, а також основних підходів до реалізації квантових алгоритмів. У межах курсу розглядаються фундаментальні поняття квантової інформації, квантових станів, кубітів, суперпозиції та запутаності, які є основою сучасних квантових технологій. Дисципліна охоплює питання фізичних явищ, методик і технологій, що використовуються при створенні квантових обчислювальних систем, а також архітектурні компоненти квантового комп'ютера: квантові процесори, квантову пам'ять, канали передавання квантової інформації та засоби керування квантовими системами. Значна увага приділяється прикладам квантових алгоритмів, принципам їх побудови та особливостям програмної реалізації, а також аналізу сучасних напрямів розвитку квантових інформаційних технологій.

3. Мета і завдання дисципліни

Метою викладання дисципліни «Квантова інформатика» є формування у здобувачів вищої освіти знань і умінь, необхідних для розуміння принципів роботи квантових комп'ютерів і квантових обчислень, а також опанування базових методів проєктування, аналізу та застосування квантових алгоритмів і функціональних компонентів квантових обчислювальних систем.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є засвоєння здобувачами фундаментальних понять квантової інформатики та формалізованого опису однокубітних і багатокубітних квантових систем. Дисципліна передбачає ознайомлення з основними логічними елементами квантових обчислень, принципами побудови квантових схем і прикладами ключових квантових алгоритмів. Окремим завданням курсу є розгляд технічних аспектів реалізації квантових комп'ютерів, зокрема архітектури квантових процесорів, квантової пам'яті та засобів передавання квантової інформації, а також аналіз сучасних досягнень і перспектив розвитку квантових інформаційних технологій.

4. Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен:

Знати:

- базові поняття квантової інформатики: кубіт, суперпозиція, запутаність, вимірювання, квантові стани та оператори;
- принципи побудови квантових схем і логічних елементів квантових обчислень (квантові вентиля, квантові регістри, квантові перетворення);
- основи архітектури квантового комп'ютера та технічні підходи до його реалізації (квантові процесори, пам'ять, канали передавання квантової інформації).

Вміти:

- моделювати однокубітні та багатокубітні системи у вигляді квантових станів і базових операцій над ними;
- будувати квантові схеми для типових задач та пояснювати принцип роботи ключових квантових алгоритмів;
- застосовувати програмні інструменти/симулятори квантових обчислень для реалізації та тестування квантових алгоритмів і аналізу результатів.

5. Обсяг дисципліни

Ознака дисципліни	
Кількість кредитів / годин	4/120
Нормативна / вибіркова	вибіркова
Вид підсумкового контролю	залік

6. Політика дисципліни

Академічна доброчесність:

Очікується, що студенти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення. Детальніше за посиланням URL : <http://www.kntu.kr.ua/doc/dobro.pdf>

Відвідування занять

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають лекції і лабораторні заняття курсу.

Пропущені заняття повинні бути відпрацьовані не пізніше, ніж за тиждень до залікової сесії.

Поведінка на заняттях

Недопустимість: запізнь на заняття, списування та плагіат, несвоєчасне виконання поставленого завдання.

При організації освітнього процесу в Центральнотехнічному національному університеті студенти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу; Положення про організацію вивчення навчальних дисциплін вільного вибору; Положення про рубіжний контроль успішності і сесійну атестацію студентів ЦНТУ, Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ.

7. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ до квантової інформатики

Місце квантових технологій у сучасній інформатиці. Класичні vs квантові обчислення. Основні поняття.

Тема 2. Математичний апарат квантової механіки для інформатики

Комплексні вектори, простори Гільберта, оператори. Нотація Дірака.

Тема 3. Кубіт та квантові стани

Суперпозиція, амплітуди, нормування. Базиси та зміна базису.

Тема 4. Вимірювання квантових станів

Ймовірнісна природа вимірювання. Колапс стану. Правило Борна.

Тема 5. Багатокубітні системи

Тензорний добуток. Квантові регістри. Представлення багатокубітних станів.

Тема 6. Заплутаність (ентанглімент)

Поняття заплутаності. Беллівські стани. Фізичний зміст і роль у квантових алгоритмах.

Тема 7. Квантові вентиля та операції

Однокубітні вентиля (X, Y, Z, H, S, T). Багатокубітні вентиля (CNOT, CZ, Toffoli).

Тема 8. Квантові схеми та моделі обчислень

Модель квантових схем. Квантові схеми як алгоритмічна форма подання.

Тема 9. Квантові протоколи передавання інформації

Квантова телепортація. Надщільне кодування. Розподіл квантових ключів (QKD).

Тема 10. Основи квантової корекції помилок

Декогеренція і шум. Поняття квантових помилок. Коди корекції помилок (Shor, Steane — огляд).

Тема 11. Квантова складність і перевага квантових обчислень

Класи складності (BQP та ін.). Умови квантової переваги. Обмеження квантових систем.

Тема 12. Квантовий пошук: алгоритм Гровера

Постановка задачі пошуку. Принцип амплітудного підсилення. Оцінка складності.

Тема 13. Квантове перетворення Фур'є

Ідея QFT. Зв'язок із класичним FFT. Практичне застосування в алгоритмах.

Тема 14. Факторизація та алгоритм Шора (огляд)

Принцип роботи алгоритму Шора. Наслідки для криптографії. Реальні обмеження реалізації.

Тема 15. Архітектура квантових комп'ютерів

Квантові процесори, керування кубітами. Надпровідникові кубіти, іонні пастки, фотонні системи (огляд).

Тема 16. Програмування квантових обчислень і симулятори

Огляд середовищ (Qiskit, Cirq, ін.). Побудова та тестування схем на симуляторі. Аналіз результатів експериментів.

8. Система оцінювання та вимоги

Види контролю: поточний, підсумковий.

Методи контролю: спостереження за навчальною діяльністю, усне опитування, письмовий контроль, тестовий контроль.

Форма підсумкового контролю: залік.

Поточний контроль у межах дисципліни здійснюється шляхом оцінювання виконання кожної лабораторної роботи. Під час оцінювання враховуються правильність і повнота розв'язання завдання, якість оформлення та аргументованість захисту результатів, а також дотримання встановлених термінів виконання. Додатково оцінюється рівень засвоєння теоретичного матеріалу та сформованість практичних умінь і навичок.

Підсумковий контроль проводиться у формі заліку та спрямований на перевірку рівня опанування теоретичних положень курсу й здатності здобувача застосовувати набуті знання під час виконання практичних завдань.

9. Рекомендована література

Базова

1. Вступ до квантових обчислень: Навчальний посібник. - Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. - 204 с.
2. Lipton R. J., Regan K. W. Quantum Algorithms Via Linear Algebra: A Primer. MIT Press, 2014. 206 p.
3. Petruccione F., Schuld M. Supervised Learning with Quantum Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» Computers. Springer, 2018. 287 p.
4. Quantum Computation and Quantum Information : навчальний посібник. 10th ed. New York : Cambridge University Press, 2010. 665 p.

Допоміжна

5. Grover, L.K. A fast quantum mechanical algorithm for database search. In Proceedings of the twenty-eighth annual ACM symposium on Theory of computing. – 1996, July. – pp. 212-219.
6. Методи та системи штучного інтелекту: навч. посібник / А.С. Савченко, О.О. Синельников. – К.: НАУ, 2017. – 176 с.

Інформаційні ресурси

7. Онлайн-курси Prometheus. – URL: <https://prometheus.org.ua/>
8. Онлайн-курси Coursera. – URL: <https://www.coursera.org>
9. Академія Cisco. – URL: <https://www.netacad.com>
10. Он-лайн ресурс з інформаційних технологій. – URL: <https://habr.com>
11. Он-лайн ресурс з інформаційних технологій. – URL: <https://dou.ua/>
12. Пошукова система. – URL: <https://www.google.com/>
13. Он-лайн ресурс перегляду відеоуроків. – URL: <https://www.youtube.com>