

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра математичної інформатики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

_____ Людмила ОМЕЛЬЧУК

« ____ » _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОСНОВИ КВАНТОВИХ ОБЧИСЛЕНЬ

для студентів

галузь знань **12 «Інформаційні технології»**
(шифр і назва)
спеціальність **124 «Системний аналіз»**
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень **бакалавр**
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма **«Системний аналіз»**
(назва освітньої програми)

вид дисципліни **вибіркова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	7
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: **д.ф.-м.н., доц. Завадський І.О.**

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»__ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»__ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2025

Розробник: Завадський І.О., д.ф.-м.н., доцент кафедри математичної інформатики,
кафедра математичної інформатики

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри математичної інформатики

_____ Терещенко В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № ____ від « ____ » _____ 20__ р.

Схвалено. Гарант освітньо-професійної програми першого рівня вищої освіти "Системний
аналіз" _____ Михайло ШАРАПОВ

Протокол від « ____ » _____ 20__ року № ____

Голова науково-методичної комісії _____ Тетяна КАРНАУХ
(підпис)

1. Мета дисципліни «Основи квантових обчислень» – набуття в одній з найсучасніших на сьогодні галузей інформаційних технологій — квантових обчисленнях — теоретичних знань, достатніх для розуміння принципів функціонування квантових комп'ютерів та успішного опанування методів квантового програмування.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати: основні поняття з дисциплін «Алгебра та геометрія», «Математичний аналіз», «Дискретна математика», «Програмування», «Теорія ймовірностей».
2. Вміти: виконувати основні алгебраїчні операції з матрицями та векторами в лінійних просторах, арифметичні операції з комплексними числами.
3. Володіти методами лінійної алгебри та математичного аналізу.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Основи квантових обчислень» є складовою освітньо-наукової програми підготовки фахівців «Системний аналіз» за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Вона є навчальною дисципліною, що пропонується студенту на вибір. Викладається у 7 семестрі 3 курсу в обсязі 3 кредити ECTS.

Курс складається з 2 змістових частини. Протягом його вивчення передбачено виконання 2 контрольних робіт та 2 електронних тестувань. Робота студента протягом семестру оцінюється у формі заліку.

4. Завдання (навчальні цілі):

Основними завданнями дисципліни «Основи квантових обчислень» є набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень в області квантових обчислень відповідно до освітньої кваліфікації «магістр з комп'ютерних наук». Зокрема, завданнями є розвивати:

- здатність застосовувати квантові операції, виміри, алгоритми для розв'язання задач, пов'язаних з особливостями реалізації квантових обчислень в різних фізичних системах, зокрема в квантовій криптографії;
- здатність проектувати алгоритми в нестандартних обчислювальних моделях;
- навички застосування методів алгебри та теорії ймовірностей для моделювання й дослідження програмних і комп'ютерних систем.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
PH1.1	Знати визначення основних	Лекція,	Контрольна робота	5%

	термінів із теорії квантових обчислень: стану квантової частинки та системи частинок, заплутаного стану, обмежень та властивостей перетворень станів квантової системи.	самостійна робота	1, тестування 1 (60% правильних відповідей)	
PH 1.2	Знати приклади застосування квантових систем опрацювання інформації, таких як алгоритм формування секретного ключа Беннетта-Брассарда, щільне кодування, телепортація.	Лекція, самостійна робота		5%
PH 1.3	Знати обмеження сфери застосування квантових обчислень та співвідношення між класами задач, що розв'язуються на квантових і класичних комп'ютерах.	Лекція, самостійна робота		5%
PH 1.4	Знати основні квантові алгоритми: Дойча-Йожи, Саймона, Гровера, Шора.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 2, тестування 2 (60% правильних відповідей)	45%
PH 2.1	Вміти будувати квантові схеми для заданих логічних функцій, а також інтерпретувати задані квантові схеми.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання	10%
PH 2.2	Вміти знаходити матрицю перетворення системи квантових частинок, за заданими паралельними та послідовними перетвореннями підсистем.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання	5%
PH 2.3	Вміти визначати коректність та заплутаність станів квантової системи.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання	10%
PH 3.1	Обґрунтовувати вибір структури квантової схеми для виконання тих чи інших перетворень.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання	5%
PH 4.1	Організовувати власну самостійну роботу для досягнення результату.	Лекція, самостійна робота	Контрольні роботи 1 і 2, тестування 1 і 2, домашнє завдання	5%
PH 4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їхню якість.	Лекція, самостійна робота		5%

6. Схема формування оцінки.

6.1. Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. *Контрольна робота 1 (письмова робота): РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 4.1, РН 4.2 — 30 балів / 18 балів.*

2. *Контрольна робота 2 (письмова робота): РН 1.4, РН 4.1, РН 4.2 — 30 балів / 18 балів.*

3. *Домашнє завдання (письмова робота): РН2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 4.1, РН 4.2 — 10 балів / 6 балів.*

5. *Тестування 1 (електронний тест): РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 2.2, РН 2.3, РН 4.1, РН 4.2 — 15 балів / 9 балів.*

6. *Тестування 2 (електронний тест): РН 1.4, РН 4.1, РН 4.2 — 15 балів / 9 балів.*

- підсумкове оцінювання (у формі заліку):

- залікові бали визначаються як сума оцінок/балів за всіма успішно оціненими результатами навчання, передбаченими даною програмою;

- оцінки нижче від мінімального порогового рівня не додаються;

- мінімальний пороговий рівень для сумарної оцінки за всіма компонентами становить 60% від максимально можливої кількості балів.

6.2. Організація оцінювання:

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, контрольних робіт і тестувань за графіком робочої програми.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.*

2. *Контрольна робота 2: до 14 тижня семестру.*

4. *Домашнє завдання: до 5 тижня семестру.*

5. *Тестування 1: до 4 тижня семестру.*

6. *Тестування 2: до 12 тижня семестру.*

Студент має право на однократне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 90% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу”.

Студент має право здавати домашнє завдання після закінчення визначеного для цього терміну, але з втратою 20% балів.

Тематика робіт, що виконуються студентами.

Контрольна робота 1 містить 5 завдань, що полягають у розв'язанні задач на проєктування квантових схем, інтерпретацію квантових інформаційних процесів, а також перевірку коректності й заплутаності станів квантових систем.

Контрольна робота 2 містить 2 завдання на пояснення сутності квантових алгоритмів.

Домашнє завдання полягає у розв'язанні задач на побудову квантових схем для заданих логічних функцій, а також визначення матриць відповідних перетворень.

Тестування 1 складається з 10 завдань з тематики першої частини курсу.

Тестування 2 складається з 4 завдань з тематики другої частини курсу.

6.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано	60-100
Не зараховано	0-59

7. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Самост. робота
Частина I. Квантові частинки та їх системи.				
1	Тема 1. Поняття квантової частинки, опис і вимірювання її стану.	1		4
2	Тема 2. Системи з кількох квантових частинок.	1	2	6
3	Тема 3. Еволюція квантових частинок та їх систем у часі.	1	2	6
4	Тема 4. Парадокс Ейнштейна-Подольського-Розена та експеримент Бела.	1		4
5	Тема 4. Щільне кодування і телепортація.	1	2	6
6	Тема 5. Зв'язок квантових і класичних обчислень.	1	2	4
Контрольна робота 1		1		
Частина II. Квантові алгоритми.				
7	Тема 7. Квантовий паралелізм. Алгоритм Дойча-Джози.	1		4
8	Тема 8. Алгоритм Саймона.	1	2	6
9	Тема 9. Пошуковий алгоритм Гровера.	1		6
10	Тема 10. Реалізація основного перетворення в алгоритмі Гровера.	1	2	4
11	Тема 11. Алгоритм Шора.	1		6
12	Тема 12. Квантове перетворення Фур'є	1	2	4
Контрольна робота 2		1		
ВСЬОГО		14	14	60

Загальний обсяг – 90 годин, в тому числі:

Лекції – 14 год.

Практичні – 14 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота – 60 год.

8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. E. Riffel, W. Polak. Quantum Computing. A Gentle Introduction. // Massachusetts Institute of Technology Press, 2011, 369 p.
2. Arthur O. Pittenger. An Introduction to Quantum Computing Algorithms. Birkhauser Boston, 2001, pp. 12–99.
3. Квантові обчислення: огляд та аналіз / М.М. Савчук, А.В. Фесенко // Кібернетика і системний аналіз. — 2019. — Т. 55, № 1. — С. 14-29.

Додаткова:

4. Завадський І.О. Квантовий комп'ютер: проблеми і перспективи // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки, 2005, том 36, с. 87-91.
5. Feynman, Richard (June 1982). "Simulating Physics with Computers" (PDF). International Journal of Theoretical Physics. 21 (6/7): 467–488.