

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра математичної інформатики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ОСНОВИ КВАНТОВИХ ОБЧИСЛЕНЬ

для студентів

галузь знань **12 “Інформаційні технології”**
спеціальність **122 “Комп’ютерні науки”**
освітній рівень **бакалавр**
освітня програма **Інформатика**
вид дисципліни **вибіркова**
вибірковий блок **«Інтелектуальні інформаційні технології»**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	5
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: канд.ф.-м.н., доцент Завадський І.О.

КИЇВ – 2020

© Завадський І.О., 2021 рік

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри математичної інформатики

В. Терещенко Василь ТЕРЕЩЕНКО

Протокол № 6 від «11» 02 2021 р.

Схвалено Гарантом освітньо-професійної програми «Інформатика»

«11» лютого 2021 р. Л. Омельчук Людмила ОМЕЛЬЧУК

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «11» лютого 2021 року № 7

Голова науково-методичної комісії Л. Омельчук Людмила ОМЕЛЬЧУК

«11» лютого 2021 року

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-професійної програми «Інформатика» підготовки фахівців за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Вона є навчальною дисципліною, що пропонується студенту на вибір і входить до вибіркового блоку «Інтелектуальні інформаційні технології». Викладається у 5 семестрі 3 курсу бакалаврату 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 «бакалавр з комп'ютерних наук». Зокрема, завданнями є розвивати:

- здатність до алгоритмічного мислення (СК19.1).

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 підсумко вій оцінці з дисциплі ни
Код	Результат навчання			
PH1.1	Знати визначення основних термінів із теорії квантових обчислень: стану квантової частинки та системи частинок, заплутаного стану, обмежень та властивостей перетворень станів квантової системи.	Лекція, самостійна робота		5%
PH 1.2	Знати приклади застосування квантових систем опрацювання інформації, таких як алгоритм формування секретного ключа Беннетта-Брассарда, щільне кодування, телепортація.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей)	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)
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	Організувати власну самостійну роботу для досягнення результату.	Лекція, самостійна робота	Домашнє завдання	5%
PH 4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їхню якість.	Лекція, самостійна робота		5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	РН 1.1	РН 1.2	РН 1.3	РН 1.4	РН 2.1	РН 2.2	РН 2.3	РН 3.1	РН 4.1	РН 4.2
Програмні результати навчання										
ПРН19.1. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1. 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 — 30 балів / 18 балів.

2. Контрольна робота 2 (письмова робота): РН 1.4 — 30 балів / 18 балів.

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

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

6. Тестування 2 (електронний тест): РН 1.4 — 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.

7.2. 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.

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.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано	60-100
Не зараховано	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№	Назва лекції	Кількість годин	
		Лекції	Самост. робота
Частина I. Квантові частинки та їх системи.			
1	Тема 1. Поняття квантової частинки, опис і вимірювання її стану. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2
2	Тема 2. Системи з кількох квантових частинок. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	6
3	Тема 3. Еволюція квантових частинок та їх систем у часі. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	6
4	Тема 4. Парадокс Ейнштейна-Подольського-Розена та експеримент Бела. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
5	Тема 5. Щільне кодування і телепортація. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	6
6	Тема 6. Зв'язок квантових і класичних обчислень. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
Контрольна робота 1		2	

Частина II. Квантові алгоритми.			
7	Тема 7. Квантовий паралелізм. Алгоритм Дойча-Джози. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
8	Тема 8. Алгоритм Саймона. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	6
9	Тема 9. Пошуковий алгоритм Гровера. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	6
10	Тема 10. Реалізація основного перетворення в алгоритмі Гровера. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	6
11	Тема 11. Алгоритм Шора. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	6
12	Тема 12. Квантове перетворення Фур'є <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
Контрольна робота 2		2	
ВСЬОГО		28	60

Загальний обсяг – 90 годин, в тому числі:

Лекції – 30 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота – 60 год.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Э. Рифель, В. Полак. Основы квантовых вычислений. // Квантовый компьютер и квантовые вычисления, №1, 2000, с.4-57.
2. Arthur O. Pittenger. An Introduction to Quantum Computing Algorithms. Birkhauser Boston, 2001, pp. 12–99.
3. А. Китаев, А. Шень, М. Вялый. Классические и квантовые вычисления. М., МЦНМО, 1999, с. 35–64.

Додаткова:

1. Завадський І.О. Квантовий комп'ютер: проблеми і перспективи // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки, 2005, том 36, с. 87-91.
2. С.Л. Браунштейн. Квантовые вычисления: учебное руководство. // в кн. Квантовые вычисления: за и против, 1999, с. 11–34.