

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**  
**ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ**  
**КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНОЇ ІНФОРМАТИКА**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
  
Олена КАШПУР  
« 7 »  2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ТЕОРІЯ КВАНТОВИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

для студентів

галузь знань	<b>12 “Інформаційні технології”</b>	
спеціальність	<b>122 “Комп’ютерні науки”</b>	
освітній рівень	<b>бакалавр</b>	
вид дисципліни	<b>вибіркова</b>	
вибірковий блок	<b>“Інтелектуальні інформаційні технології”</b>	
	Форма навчання	<b>денна</b>
	Навчальний рік	<b>2022/2023</b>
	Семестр	<b>8</b>
	Кількість кредитів ECTS	<b>4</b>
	Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
	Форма заключного контролю	<b>іспит</b>

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

*КИЇВ – 2021*

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри «Математичної інформатики»

 Василь ТЕРЕЩЕНКО

Протокол № 10 від «27» 04 2021 р.

Схвалено гарантом освітньо-професійної програми «Інформатика»

«6» травня 2021 р.  Людмила ОМЕЛЬЧУК

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

Протокол від «6» травня 2021 року № 10

Голова науково-методичної комісії  Людмила ОМЕЛЬЧУК

**1. Мета дисципліни** «Теорія 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 8 семестрі 4 курсу бакалаврату в обсязі 4 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 іспиту.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

Основними завданнями дисципліни «Теорія 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 проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління (СК8);
- Здатність до розробки мережевого програмного забезпечення, що функціонує на основі різних топологій структурованих кабельних систем, використовує комп'ютерні системи і мережі передачі даних та аналізує якість роботи комп'ютерних мереж (СК13);
- Здатність використовувати інтелектуальні інформаційні технології (СК 18.1).

## 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 підсумковій оцінці з дисципліни
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	Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей), іспит	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		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), іспит	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	Організувати власну самостійну роботу для досягнення результату.	Лекція, самостійна робота	Домашнє завдання	5%

РН 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 інтелектуального аналізу даних та штучного інтелекту, що включають методи комп'ютерної лінгвістики та комп'ютерного зору	+	+			+			+	+	+
ПРН20.1. Знати методи машинного навчання для розв'язання прикладних задач, основні поняття та принципи роботи штучних нейронних мереж.			+	+			+		+	+

## 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 — 20 балів / 12 балів.

2. Контрольна робота 2 (письмова робота): РН 1.4 — 20 балів / 12 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 — 5 балів / 3 бали.

6. Тестування 2 (електронний тест): РН 1.4 — 5 балів / 3 бали.

#### - підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів;

- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4;

- форма проведення і види завдань: письмова робота.

### 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 проектування 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

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	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.	2	2
2	Тема 2. Системи з кількох квантових частинок.	4	6
3	Тема 3. Еволюція квантових частинок та їх систем у часі.	4	6
4	Тема 4. Парадокс Ейнштейна-Подольського-Розена та експеримент Бела.	2	4
5	Тема 5. Щільне кодування і телепортація.	2	6
6	Тема 6. Зв'язок квантових і класичних обчислень.	2	4
Контрольна робота 1		2	
Частина II. Квантові алгоритми.			
7	Тема 7. Квантовий паралелізм. Алгоритм Дойча-Джози.	2	4
8	Тема 8. Алгоритм Саймона.	2	6
9	Тема 9. Пошуковий алгоритм Гровера.	2	6
10	Тема 10. Реалізація основного перетворення в алгоритмі Гровера.	2	6
11	Тема 11. Алгоритм Шора.	2	6
12	Тема 12. Квантове перетворення Фур'є	2	4
13	Тема 13. Квантовий пошук власних значень.	2	6
14	Тема 14. Математична модель квантових помилок.	2	4
15	Тема 15. Найвідоміші квантові виправні коди.	2	4
16	Тема 16. Стабілізуючі квантові коди.	2	4
Контрольна робота 2		2	
ВСЬОГО		40	78

Загальний обсяг – 120 годин, в тому числі:

Лекції – 40 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота – 78 год.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНІ ДжЕРЕЛА

*Основні:*

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.

*Додаткові:*

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.