

# 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	<b>12 Інформаційні технології</b>
спеціальність	<b>124 Системний аналіз</b>
освітній рівень	<b>бакалавр</b>
освітня програма	<b>системний аналіз</b>
вид дисципліни	<b>за вибором</b>

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2022/2023</b>
Семестр	<b>7</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>3</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

Завідувач кафедри математичної інформатики

\_\_\_\_\_ Василь ТЕРЕШЕНКО  
(підпис)

Протокол № від «    »        2021р.

Схвалено Гарантом освітньо – професійної програми першого рівня вищої освіти

«Системний аналіз»

М.М. Шарапов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики  
Протокол від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ доцент, к.ф.-м.н. Людмила ОМЕЛЬЧУК  
(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-професійної програми підготовки фахівців за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології» в рамках освітньо-професійної програми «Системний аналіз».

Дана дисципліна належить до переліку дисциплін за вибором спеціальності «Системний аналіз». Викладається у 7 семестрі в обсязі – 90 год., (3 кредити ECTS) зокрема: лекції – 26 год., практичні заняття – 14 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 48 год. Завершується дисципліна іспитом.

**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 системного аналізу». Зокрема, завданнями є розвивати здатність до алгоритмічного мислення та здатність аналізувати предметні області, ідентифікувати, класифікувати та формулювати вимоги.

## 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	Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей)	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)
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%

## 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 іспиту):

- Максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: **40 балів**.

- Форма проведення: письмова.

- Види завдань: 4 письмових завдань (2 теоретичних питання та 2 практичних завдання).

- **Студент отримує загальну позитивну оцінку з дисципліни, якщо його оцінка за іспит становить не менше ніж 24 бали.**

Студент допускається до іспиту, якщо протягом семестру він набрав не менше ніж 36 балів.

#### Критерії оцінювання під час іспиту

Завдання	Тема завдання	Максимальний відсоток від 40 балів	Всього балів
Завдання 1	Питання по теоретичному матеріалу курсу	25%	10
Завдання 2		25%	10
Завдання 3	Практичне завдання на основі теоретичного матеріалу курсу	25%	10
Завдання 4		25%	10

### 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

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

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

	<i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>			
6	<b>Тема 6.</b> Зв'язок квантових і класичних обчислень. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2		4
Контрольна робота 1				
<b>Частина II. Квантові алгоритми.</b>				
7	<b>Тема 7.</b> Квантовий паралелізм. Алгоритм Дойча-Джози. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2		4
8	<b>Тема 8.</b> Алгоритм Саймона. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2	4
9	<b>Тема 9.</b> Пошуковий алгоритм Гровера. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2	4
10	<b>Тема 10.</b> Реалізація основного перетворення в алгоритмі Гровера. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	3	1	4
11	<b>Тема 11.</b> Алгоритм Шора. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	3	1	4
12	<b>Тема 12.</b> Квантове перетворення Фур'є <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2	4
Контрольна робота 2				
<b>ВСЬОГО</b>		26	14	48

Загальний обсяг 90 годин, в тому числі:

Лекцій – 26 год.,

Практичні – 14 год.

Самостійна робота – 48 год.

Консультації – 2 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.