КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра математичної інформатики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи
_____ Олена КАШПУР
«12» лютого 2021 року

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.

Пролонговано: на 2023/2024 н.р. (Кашпур О.В.) «31» 08 2023 р.
на 20 /20 н.р. ( ) « » 20 р.

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
_____ Василь ТЕРЕЩЕНКО
Протокол № 6 від «11» 02 2021 р.

Схвалено Гарантом освітньо-професійної програми «Інформатика»
« 11 » лютого 2021 р. _____Людмила ОМЕЛЬЧУК

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

Протокол від «11» лютого 2021 року № 7

Голова науково-методичної комісії _____ Людмила ОМЕЛЬЧУК
« 11 » лютого 2021 року

© **Завадський І.О.**, 2021 рік

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).

© **Завадський І.О.**, 2021 рік

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**			
РН1.1	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%
РН 1.2	Знати приклади застосування квантових систем опрацювання інформації, таких як алгоритм формування секретного ключа Беннетта-Брассарда, щільне кодування, телепортація.	Лекція, самостійна робота		5%
РН 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%
РН 1.4	Знати основні квантові алгоритми: Дойча-Йожи, Саймона, Гровера, Шора.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 2, тестування 2 (60% правильних відповідей)	45%
РН 2.1	Вміти будувати квантові схемі для заданих логічних функцій, а також інтерпретувати задані квантові схеми.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання	10%
РН 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%
РН 2.3	Вміти визначати коректність та заплутаність станів квантової системи.	Лекція, самостійна робота	Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей) , домашнє завдання	10%
РН 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%
РН 4.1	Організовувати 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

© **Завадський І.О.**, 2021 рік

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	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
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.

© **Завадський І.О.**, 2021 рік

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 І. Квантові частинки та їх системи.			
1	**Тема 1.** Поняття квантової частинки, опис і вимірювання її стану. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	2
2	**Тема 2.** Системи з кількох квантових частинок. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	6
3	**Тема 3.** Еволюція квантових частинок та їх систем у часі. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	6
4	**Тема 4.** Парадокс Ейнштейна-Подольського-Розена та експеримент Бела. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	4
5	**Тема 5**. Щільне кодування і телепортація. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	6
6	**Тема 6.** Зв'язок квантових і класичних обчислень. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	4
Контрольна робота 1		2	

© **Завадський І.О.**, 2021 рік

Частина ІІ. Квантові алгоритми.			
7	**Тема 7.** Квантовий паралелізм. Алгоритм Дойча-Джози. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	4
8	**Тема 8.** Алгоритм Саймона. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	6
9	**Тема 9.** Пошуковий алгоритм Гровера. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	6
10	**Тема 10.** Реалізація основного перетворення в алгоритмі Гровера. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	6
11	**Тема 11.** Алгоритм Шора. *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	2	6
12	**Тема 12.** Квантове перетворення Фур'є *Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.*	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. Arthur O. Pittenger. An Introduction to Quantum Computing Algorithms. Birkhauser Boston, 2001, pp. 12–99.
2. Завадський І.О. Квантовий комп'ютер: проблеми і перспективи // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки, 2005, том 36, с. 87-91.

© **Завадський І.О.**, 2021 рік