

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра комп'ютерної інженерії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Світлана ЄФІМЕНКО

« ____ » _____ 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квантові обчислення

для студентів

галузь знань	F Інформаційні технології
спеціальність	F7 Комп'ютерна інженерія
рівень вищої освіти	другий (магістерський)
освітньо-наукова програма	Комп'ютерні системи та мережі
вид дисципліни	вибіркова
Форма навчання	Денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	5
Мова викладання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач:

Баужа Олександр Стасісович, к.ф.м.н, доцент кафедри комп'ютерної інженерії

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

Розробник:

Баужа Олександр Стасісович, к.ф.м.н, доцент кафедри комп'ютерної інженерії

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

_____ **Юрій БОЙКО**

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2025 р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« ____ » _____ 2025 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни — Навчальна дисципліна «Квантові обчислення» з основ квантової теорії інформації ставить своєю метою познайомити студентів з новітнім науковим напрямком, яке сформувалося на стику квантової механіки і теорії інформації.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Квантові обчислення» базується на циклі дисциплін підготовки бакалавра з природничих або технічних спеціальностей, а саме «Загальна фізика», «Квантова механіка», «Лінійна алгебра».

Попередні вимоги:

Студент повинен знати: основні понятті та терміни квантової інформації, володіти методам, для розв'язання задач квантової інформатики.

Студент повинен вміти: досліджувати квантові системи на можливість використання їх в якості квантового біту інформації, складати алгоритми квантового обчислення.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни «Квантові обчислення» дозволяє студентам ознайомитись з теоретичними засадами виконання квантових розрахунків за допомогою квантових комп'ютерів, з суттєвим використанням квантових властивостей, що притаманні їм. В дисципліні розглядається поняття розраховності функцій, складності алгоритмів, класичної та квантової машин Тюринга, квантові біти, квантові логічні елементи, квантові обчислювальні мережі. В межах даної дисципліни розглядається низку квантових алгоритмів та порівняння їх роботи з класичними. Дисципліна «Квантові обчислення» охоплює задачі квантової криптографії та зв'язку.

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):

1. Надати основні відомості курсу «Квантові обчислення», які складають важливу частину загально-наукової підготовки студентів за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія».
2. Розглянути основні теоретичні засади квантових розрахунків. Розглянути реалізацію кубітів інформації, квантових алгоритми та принципи квантової криптографії.
3. Навчити застосовувати основні відомості курсу у професійній діяльності, розвивати у студентів аналітичне мислення та науковий підхід.
4. Навчити застосовувати отримані знання та уміння в моделюванні та розробці квантових систем, що можуть бути використані для квантових розрахунків або квантової криптографії.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

- ЗК3. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.
- ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- СК2. Здатність розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення, компоненти комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем з використанням сучасних методів і мов програмування, а також засобів і систем автоматизації проектування.
- СК3. Здатність проектувати комп'ютерні системи та мережі з урахуванням цілей, обмежень, технічних, економічних та правових аспектів.
- СК6. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

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			
1	знати:	Лекційні заняття	Семінарські заняття	до 45
1.1	Загальні фізичні основи квантових обчислень.	лекція	семінар	7
1.2	Фізичну будову кубіта інформації та методи впливу на кубіти.	лекція	семінар	7
1.3	Загальні вентиля (гейти) роботи з системою кубітів. Застосовувати загальних математичних методів лінійної алгебри для опису квантових вентилів.	лекція	семінар	7
1.4	Загальні квантові алгоритми.	лекція	семінар	10
1.5	Основи квантової криптографії.	лекція	семінар	7
1.6	Архітектуру та основні вимоги до квантових комп'ютерів.	лекція	семінар	7
2	вміти:	Лекційні заняття	Семінарські заняття	до 45
2.1	Проводити операції над системами кубітів, використовуючи загальні математичні методів лінійної алгебри.	лекція	семінар	15
2.2	Використовувати квантові алгоритми. Будувати та досліджувати роботу моделей квантових комп'ютерних систем.	лекція	семінар	15
2.3	Використовувати алгоритми квантової криптографії. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання з квантової криптографії для опису моделей квантових комп'ютерних систем для передачі інформації.	лекція	семінар	15
3	комунікація:	Лекційні заняття	Семінарські заняття	до 5
3.1	Готовність до конструктивної наукової дискусії і обговоренню технічних питань, необхідних для вирішення комплексної задачі	лекція	семінар	2
3.2	Здатність до ефективної командної роботи у вирішенні технічних питань	лекція	семінар	3
4	автономність та відповідальність:	Лекційні заняття	Семінарські заняття	до 5
4.1	Здатність самостійно раціоналізувати, вдосконалювати, довершувати і розвивати існуючі технічні рішення, механізми та підходи	лекція	семінар	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни												
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1
Програмні результати навчання (назва)												
РН1. Застосовувати загальні підходи пізнання, методи математики, природничих та інженерних наук до розв'язання складних задач комп'ютерної інженерії.	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
РН3. Будувати та досліджувати моделі комп'ютерних систем і мереж, оцінювати їх адекватність, визначати межі застосовності.	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
РН4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерної інженерії, необхідні для професійної діяльності, оригінального мислення та проведення досліджень, критичного осмислення проблем інформаційних технологій та на межі галузей знань.							+	+	+	+	+	

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами виконання індивідуальних робіт. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.6 [знання] – до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [вміння] – до 45%;
- результат навчання 3.1-3.2 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 5%;

Форми оцінювання:

- **семестрове оцінювання:** Навчальний семестр має 15 семінарських занять, під час яких студенти отримують семестрові бали. Бали студенти отримують за підготовлені та презентовані ними доповіді. Темати доповідей надаються на першому занятті. Обов'язковим для допуску до заліку є семестрова оцінка не менша ніж 36 балів.
- **підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається з 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за залік не може бути меншою **24 бали**.
- **умови допуску до підсумкового заліку:** умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр. Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **36 балів**. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, для одержання допуску до заліку має виконати додаткове завдання надане викладачем.
- У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min. – 18	Max. – 30
Модуль 1	18	30
Модуль 2	18	30

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модуль 1	жовтень
Модуль 2	грудень
Залік	грудень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі заліку:

Значення	Змістовні модулі	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Зараховано / Passed	60-100%
Не зараховано / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Семінарські заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1.				
1	Фізичні основи квантових обчислень	2	3	10
2	Квантові біти інформації.	2	3	10
3	Квантові операції. Прості операції над кубітами та системою кубітів.	2	3	10
4	Квантовий паралелізм. Парадокс Ейнштейна-Подольські-Розена.	2	3	10
5	Квантова телепортація. Протокол квантового щільного кодування	2	3	10
	Всього	10	15	50
Змістовий модуль 2.				
6	Алгоритми Дойча та Дойча — Йожи.	2	3	10
7	Алгоритм факторизації цілих чисел (алгоритм Шора)	2	3	10
8	Алгоритм пошуку у невідсортованому масиві (алгоритм Гровера)	2	3	10
9	Квантова криптографія.	2	3	10
10	Архітектура та основні вимоги до квантових комп'ютерів	2	3	10
	Всього	10	15	50

Загальний обсяг **150** год., в тому числі:

Лекції **20** год.

Семінари **30** год.

Самостійна робота **100** год.

9. Рекомендована література:

Основні джерела:

- [1] R. de Wolf, Quantum Computing: Lecture Notes, 2019, 57 pp. doi: 10.48550/ARXIV.1907.09415.
- [2] М.М. Будник, О.С. Баужа, І.Д. Войтович, В.М. Корсунський, Вступ до квантових обчислень та квантових комп'ютерів, Київ. Інтерсервіс, 2014, 95с.
- [3] С.Е. Остапов, Ю.Г.Добровольський, Квантова інформатика та квантові обчислення, Чернівці: ЧНУ, 2021, 99 с.
- [4] Т. Крохмальський, Вступ до квантових обчислень, Львів: ЛНУ, 2018, 204 с.
- [5] M. Nakahara and T. Ohmi, Quantum computing: from linear algebra to physical realizations. Boca Raton: CRC Press, 2008, 436 pp.

Додаткові і джерела:

- [1] T. Krokhmal'skii, «Quantum computers: Basis and algorithms (a short review)», J. Phys. Stud., V. 8, p. 1–15, 2004, doi: 10.30970/jps.08.1.
- [2] M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum computation and quantum information, 10th anniversary ed. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2010. 665 p.
- [3] A. Barenco et al., «Elementary gates for quantum computation», 1995, doi: 10.48550/ARXIV.QUANT-PH/9503016.
- [4] A. D. Bookatz, «QMA-complete problems», QIC, V. 14, p. 361–383, May 2014, doi: 10.26421/QIC14.5-6-1.