


Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету фізики, електроніки
та комп'ютерних систем

 Ігор ГОМІЛКО

« 24 » 06 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 2.2 Квантові комп'ютери: елементна база, архітектура, застосування

для здобувачів вищої освіти

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 123 Інформаційні технології

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

освітня програма Комп'ютерна інженерія

рік набору 2025/2026 форма навчання денна термін навчання 4 роки

вид дисципліни обов'язкова

Розробник Олександр КОВАЛЕНКО, професор кафедри електронних обчислювальних машин,
доктор фізико-математичних наук, професор


(підпис)

Погоджено гарант ОП


(підпис)

Володимир ХАНДЕЦЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

Робоча програма схвалена на засіданні кафедри електронних обчислювальних машин

Протокол від « 18 » 06 2025 року № 15

Ухвалено на засіданні науково-методичної ради факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від « 23 » 06 2025 року № 5

Дніпро
2025

Опис навчальної дисципліни

Навчальний рік (роки*) викладання дисципліни	Курс	Семестр	Підсумковий контроль				Індивідуальні завдання		Кредитів ECTS	Обсяг роботи студента (години)						
			екзамен	диф.залик	залик	курсова робота	форма	кількість		всього	аудиторні					самостійна робота
											всього аудиторних	лекції	практичні заняття	семінарські заняття	лабораторні заняття	
	2		2					4,0	120	36	36	-	-	-	84	

1. Мета дисципліни:

- забезпечення теоретичної і практичної підготовки здобувачів вищої освіти до виконання функціональних обов'язків науково-педагогічного працівника в закладах вищої освіти України самостійно та у складі команди (педагогічного колективу);
- забезпечення теоретичної і практичної підготовки здобувачів вищої освіти до виконання функціональних обов'язків наукових працівників в наукових установах України самостійно та у складі команди;
 - створення умов, наближених до практичної професійної діяльності;
 - використання в освітньому процесі інноваційних методів навчання;
 - використання можливості самореалізації й самовдосконалення здобувачів освіти під час оволодіння фаховими знаннями в галузі квантових комп'ютерних систем, їх архітектури і застосування.

Вивчення дисципліни забезпечує формування компетентностей за ОП:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК04. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері комп'ютерної інженерії на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерної інженерії та суміжних галузей.

СК02. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в комп'ютерній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

СК06. Здатність інтегрувати знання з різних галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень.

СК07. Здатність генерувати нові ідеї щодо розвитку теорії та практики комп'ютерної інженерії, виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни.

Для успішного опанування навчальною дисципліною «Сучасні технології передачі інформації в комп'ютерних мережах» здобувачі вищої освіти повинні опанувати наступні дисципліни: «Академічне письмо та спілкування іноземною мовою», «Інноваційно-

дослідницька діяльність науковця» та «Методологія педагогічного процесу у вищій школі».

3. Результати навчання за дисципліною та їх співвідношення із програмними результатами навчання.

№	Результати навчання за дисципліною	Програмні результати навчання	Номери тем
1	Знати основні методологічні принципи розв'язання комплексні проблеми у сфері комп'ютерної інженерії на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності. Знати методологічні основи будування комп'ютерних систем з високою і надвисокою обчислювальною потужністю на основі використання квантових комп'ютерів.	ПР01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з комп'ютерної інженерії, IT-інфраструктур та інформаційних технологій, отримання нових знань та здійснення інновацій.	T1-T6.
2	Мати здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. Уміти виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерної інженерії та суміжних галузей. Уміти планувати і виконувати теоретичні дослідження в галузі квантових обчислень з урахуванням їх особливостей.	ПР02. Планувати і виконувати експериментальні та теоретичні дослідження з комп'ютерної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваних проблем.	T7 – T13
3	Знати та ефективно застосовувати методи аналізу, математичне моделювання, виконувати натурні та обчислювальні експерименти при проведенні наукових досліджень у сфері комп'ютерної інженерії. Уміти генерувати нові ідеї щодо розвитку теорії та практики комп'ютерної інженерії, виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень. Знати і володіти методами та засобами проектування обчислювальних систем, дата-центрів, хмарних архітектур з	ПН04. Розробляти та реалізовувати наукові та інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та професійну практику і розв'язати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної інженерії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.	T14 - T15

	використанням квантових комп'ютерів з урахуванням особливостей виконання обчислювальних операцій у квантоворозмірних структурах.		
4	Мати навички проведення досліджень, збирання даних та моделювання процесів обміну інформацією в комп'ютерних системах та мережах Інтернет. Уміти презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми комп'ютерних квантових обчислень державною та іноземною мовами усно та письмово, оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.	ПН06. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми комп'ютерної інженерії державною та іноземною мовами усно та письмово, оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.	T8 -T14
5	Знати сучасні технології квантових обчислень, які використовуються в комп'ютерних системах. Уміти їх досліджувати та розробляти. Уміти проектувати квантові комп'ютерні системи, поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань впровадження високопродуктивних квантових обчислювальних систем в галузі комп'ютерної інженерії.	ПН07. Застосовувати загальні принципи та методи математики, інформатики та інших наук, а також сучасні методи та інструменти, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для провадження досліджень у сфері комп'ютерної інженерії.	T3, T14, T15.

4. Структура навчальної дисципліни.

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				
		лекції	практичні заняття	семінарські заняття	лабораторні заняття	самостійна робота
1	Тема 1. Етапи розвитку елементної бази комп'ютерної техніки: від вакуумних ламп та транзисторів до надвеликих інтегральних мікросхем та квантоворозмірних структур.	2				4
2	Тема 2. Від бітів до кубітів. Модель квантового кубіта інформації.	2				4
3	Тема 3. Імовірні обчислювання, їх особливості	2				6

	і переваги у порівнянні з класичними логічними операціями.					
4	Тема 4. Спінтроніка. Спінтронні транзистори. Одноелектронні транзистори.	2				4
5	Тема 5. Квантоворозмірні структури та їх різновиди: квантові плівки, нитки, точки, поодинокі квантові ями, напівпровідникові надграти.	2				6
6	Тема 6. Технологічні досягнення, які були реалізовані при синтезі квантоворозмірних структур.	2				4
7	Тема 7. Нові фізичні явища, які спостерігаються в квантоворозмірних структурах. Перспективи їх використання в квантових комп'ютерах.	2				4
8	Тема 8. Сучасні методи синтезу квантоворозмірних структур.	2				6
9	Тема 9. Ефекти самоорганізації, які спостерігаються при синтезі квантоворозмірних структур. Технології керованої самоорганізації.	2				4
10	Тема 10. Основні напрямки побудови елементної бази квантових комп'ютерів.	4				8
11	Тема 11. Квантовий комп'ютер на основі явища ЕПР на структурах Ge-Si. Квантовий комп'ютер на основі явища ЯМР на структурах Si.	2				6
12	Тема 12. Детектування спінового резонансу з використанням МДН транзисторів.	2				4
13	Тема 13. Явище надпровідності. Квантовий комп'ютер на основі ефекту Джозефсона. Квантовий комп'ютер на основі використання квантових точок.	2				4
14	Тема 14. Основні особливості і перспективи розвитку архітектури квантових комп'ютерних систем.	4				10
15	Тема 15. Застосування квантових обчислювальних систем.	4				10
Всього		36				84

Тематика самостійної роботи

№ Теми	Тема самостійної роботи	Кількість годин	Рекомендована література (№ з переліку)
Тема 1	Етапи розвитку елементної бази комп'ютерної техніки: від вакуумних ламп та транзисторів до надвеликих інтегральних мікросхем та квантоворозмірних структур.	4	Основна: № 1-3
Тема 2	Від бітів до кубітів. Модель квантового кубіта інформації.	4	Основна: № 1-4
Тема 3	Імовірні обчислювання, їх особливості і переваги у порівнянні з класичними логічними операціями.	6	Основна: № 1, 2
Тема 4	Спінтроніка. Спінтронні транзистори. Одноелектронні транзистори.	4	Основна: № 3-6
Тема 5	Квантоворозмірні структури та їх різновиди: квантові плівки, нитки, точки, поодинокі квантові ями, напівпровідникові надграти.	6	Основна: № 3-6 Додаткова: № 1-2
Тема 6	Технологічні досягнення, які були реалізовані при синтезі квантоворозмірних структур.	4	Основна: № 2-6
Тема 7	Нові фізичні явища, які спостерігаються в квантоворозмірних структурах. Перспективи їх використання в квантових комп'ютерах.	4	Основна: № 3-8 Додаткова: № 1-4
Тема 8	Сучасні методи синтезу квантоворозмірних структур.	6	Основна: № 4-6 Додаткова: № 3-4
Тема 9	Ефекти самоорганізації, які спостерігаються при синтезі квантоворозмірних структур. Технології керованої самоорганізації.	4	Основна: № 5-7 Додаткова: № 2-4
Тема 10	Основні напрямки побудови елементної бази квантових комп'ютерів.	8	Основна: № 2-6
Тема 11	Квантовий комп'ютер на основі явища ЕПР на структурах Ge-Si. Квантовий комп'ютер на основі явища ЯМР на структурах Si.	6	Основна: № 4-8 Додаткова: № 3-4
Тема 12	Детектування спінового резонансу з використанням МДН транзисторів.	4	Основна: Додаткова: № 3, 5, 6
Тема 13	Явище надпровідності. Квантовий комп'ютер на основі ефекту Джозефсона. Квантовий комп'ютер на основі використання квантових точок.	4	Основна: № 2-5 Додаткова: № 1-3
Тема 14	Основні особливості і перспективи розвитку архітектури квантових комп'ютерних систем.	10	Основна: № 3-8
Тема 15	Застосування квантових обчислювальних систем.	10	Основна: № 4-8
Всього годин		84	

5. Схема формування оцінки.

5.1 Шкала відповідності оцінювання:

Відмінно/Excellent	Зараховано/Passed	90-100
Добре/Good		82-89
		75-81
Задовільно/Satisfactory		64-74
Незадовільно/Fail	Не зараховано/Fail	60-63
		0-59

5.2 Форми та організація оцінювання:

Поточний контроль:

Форма оцінювання	Строки проведення оцінювання (тижні викладання)	Максимальна кількість балів
Участь у дискусіях (3 теми по 4 бали)	28, 32, 37 тиждень	12
Підготовка та проведення фрагменту лекційного (8 балів) заняття	Протягом семестру	8
Оцінювання рівня виконання самостійних завдань (2 по 10 балів)	Протягом семестру	20
Максимальна кількість балів за поточне оцінювання		40

Семестровий контроль:

Форма оцінювання	Максимальна кількість балів
Екзамен	60

5.3 Критерії оцінювання:

Критерії оцінювання знань здобувачів*	
Участь у дискусіях	
Бали	Критерій
0 балів	Здобувач пасивний у дискусії або не дотримується правил дискутування
1-2 бали	Здобувач бере участь у дискусії, позиція і зауваження не завжди чітко аргументовані
3-4 бали	Здобувач – активний учасник дискусії, висловлює чітко аргументовану позицію, ставить уточнювальні питання з метою подальшого розвитку дискусії
Підготовка та проведення фрагменту лекційного заняття	
Бали	Критерій
0 балів	Здобувач не підготовлений / не може оперувати навчальним матеріалом / не дотримується методичних вимог до організації та проведення зазначених видів навчальної роботи

1-3 балів	Здобувач недостатньо чітко та упевнено організовує навчальний процес, правильно використовує прийоми і дії, але не володіє інноваційними методами, має уявлення про педагогічну етику
4-6 балів	Здобувач демонструє знання методики проведення лекційних та практичних занять, однак володіння обраною інноваційною технологією неповне, в організації роботи студентів допускає недоліки, демонструє прагнення до саморозвитку
7-8 балів	Здобувач володіє інноваційною технологією, яку обрав для демонстрації, у повному обсязі, виявляє глибоке розуміння матеріалу, вміло організовує взаємодію студентів, показує високий рівень педагогічної етики
Оцінювання рівня виконання самостійних завдань (есе / конспект / аналіз / виступ)	
Бали	Критерій
0-1 бал	Завдання не виконано / виконано поверхово, аналіз питання або відсутній або має фрагментарний характер, характеризується початковими уявленнями про поставлені проблемні питання. Власна думка відсутня.
2 -4 бали	При розгляді проблемного питання відтворений основний навчальний матеріал, представлені загальні думки, власна точка зору відсутня.
4-7 балів	При розгляді проблемних питань визначені істотні ознаки понять, явищ, зв'язки між ними, поясненні основні закономірності, змістовно теоретично проаналізовані питання та визначені ситуації, зроблені відповідні висновки. В цілому робота структурована, логічна, обґрунтована, але відсутня власна точка зору на порушені питання.
8-10 балів	При розгляді проблемних питань можна побачити глибокі, міцні, системні знання матеріалу; застосований творчий підхід до розгляду проблемних питань, наведений аналіз різноманітних ситуацій, в межах яких вони виникають. Представлена власна точка зору, висвітлений власний досвід та особиста позиція.

6. Методи навчання, інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна:

Методи навчання:

Методи навчання:

- Словесні методи (лекції, пояснення)
- Наочні методи (презентації).
- Самостійне навчання (опанування завдань для самостійної роботи у результаті аналізу та переосмислення рекомендованої навчальної та наукової літератури з інноваційної діяльності науковця).
- Інтерактивне навчання (дискусії).
- Практичні методи (виконання практичних завдань).

Інструменти та обладнання:

Мультимедійне обладнання: Проектор - 1 од.; ноутбук - 1 од.; ілюстрації, таблиці, схеми; комп'ютерний клас.

Програмне забезпечення:

ресурси Microsoft Office 365, MS Teams, MS Forms, MS PowerPoint.

7. Рекомендована література:


Основна:

1. С.Е., Добровольський Ю.Г. Квантова інформатика та квантові обчислення / С.Е.Остапов. Ю.Г. Добровольський - Чернівці: ЧНУ, 2021. - 99 с.
2. Азнаурян І.О. А35 Фізичні основи квантових комп'ютерів[Електронний ресурс] : конспект лекцій / І. О. Азнаурян. – Київ : КНУБА, 2025. – 131 с.
3. Д. М. Заячук. Нанотехнології наноструктури. Львів. Львівська політехніка, 2009 р
4. А. В. Шпак, Ю. А. Куницький, В. Л. Карбовський. Кластери і наноструктурні матеріали. Київ, Академперіодика, 2001 р.
5. Н. Находкін, Д. Шека. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. Київ. КНУ, 2005;
6. Находкін Н, Сизов Ф. Елементи функціональної електроніки. Київ. УкрІНТЕЛ, 2002;
7. Буланій М. Ф., Коваленко О. В., Омельченко С. О., Штамбур І. В., Якунін О. Я. Резонансні явища. Дн-ськ, АРТ-ПРЕС, 2006, 422с.
8. Воловенко Ю. М. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу: підручник / Київ. Нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. - Київ : Київський університет, 2016. - 703 с.

Додаткова:

1. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерний магнітний резонанс. К.; Ірпінь, ВТФ «Перун», 2007 – 480 с.
2. Д.В.Корбутяк, О.В.Коваленко, С.І.Будзуляк, О.В.Мельничук, Наноструктури напівпровідникових сполук А2В6, Ніжин, Видавництво НДУ ім.М.Гоголя, 2020, с.183.
3. Коваленко О. В., Колбунов В. Р., Тонкошкур О. С., Тищенко В. В. Монографія. Керамічні, склоподібні та квантоворозмірні напівпровідникові структури на основі оксидів і халькогенідів металів. Дніпро. Видавництво ДНУ, 2013.
4. [Quantum computing has a hype problem](#). MIT Technology Review (англ.). Процитовано 7 квітня 2023.
5. [Бібліографія квантових мов програмування \[Архівовано 18 Лютого 2020 у Wayback Machine.\]](#)

8. Інформаційні ресурси:

1. Бібліотека ДНУ ім. О. Гончара <http://library.dnu.dp.ua/> 
2. Електронний каталог бібліотеки ДНУ <http://lib.dnu.dp.ua/>
3. Цифровий репозиторій ДНУ <https://repository.dnu.dp.ua/>
4. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського www.nbuv.gov.ua
5. Internet мережа: <https://www.netacad.com/ru/courses/packet-tracer>